

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Tetsuo TANIGUCHI

GAU:

SERIAL NO: NEW APPLICATION

EXAMINER:

FILED: HEREWITH

FOR: EXPOSURE METHOD AND LITHOGRAPHY SYSTEM, EXPOSURE APPARATUS AND METHOD OF MAKING THE APPARATUS, AND METHOD OF MANUFACTURING DEVICE

REQUEST FOR PRIORITY

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS  
WASHINGTON, D.C. 20231

SIR:

- ☒ Full benefit of the filing date of International Application Number PCT/JP99/00122, filed January 18, 1999, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e).
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
JAPAN	10-020479	JANUARY 16, 1998

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ is submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number .  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and  
(B) Application Serial No.(s)
  - ☐ are submitted herewith
  - ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee



22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 11/98)

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

Gregory J. Maier  
Registration No. 25,599

David A. Bilodeau  
Registration No. 42,325



#2  
10/31/00  
M. Pradger

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1998年 1月16日

出 願 番 号

Application Number:

平成10年特許願第020479号

出 願 人

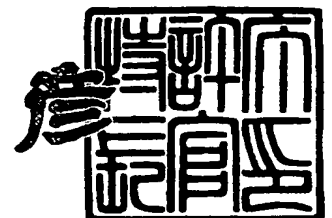
Applicant(s):

株式会社ニコン

2000年 4月21日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特2000-3029524

【書類名】 特許願

【整理番号】 97P01835

【提出日】 平成10年 1月16日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明の名称】 露光方法及びリソグラフィシステム並びにデバイス製造方法

【請求項の数】 27

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社 ニコン内

    【氏名】 谷口 哲夫

【特許出願人】

    【識別番号】 000004112

    【氏名又は名称】 株式会社 ニコン

【代理人】

    【識別番号】 100102901

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 立石 篤司

    【電話番号】 03-3354-4251

【代理人】

    【識別番号】 100099793

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 川北 喜十郎

    【電話番号】 03-5362-3180

【手数料の表示】

    【納付方法】 予納

    【予納台帳番号】 053132

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9408046

【包括委任状番号】 9408047

【書類名】 明細書

【発明の名称】 露光方法及びリソグラフィシステム並びにデバイス製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数台の露光装置を用いて基板上に複数層のパターンを重ね合わせて形成するための露光方法であって、

第 1 の露光装置を用いて前記基板上に第 1 マスクのパターンを転写する第 1 工程と；

前記第 1 の露光装置の像歪み補正能力に関する情報に基づいて第 2 の露光装置の結像特性を調整する第 2 工程と；

前記結像特性調整後の前記第 2 の露光装置を用いて前記基板上の前記第 1 マスクのパターンの転写像が形成された領域に第 2 マスクのパターンを重ねて転写する第 3 工程とを含む露光方法。

【請求項 2】 前記第 1 工程において、前記第 2 の露光装置の像歪み補正能力に基づいて前記第 1 の露光装置の結像特性を調整した状態で前記第 1 マスクのパターンを前記基板上に転写することを特徴とする請求項 1 に記載の露光方法。

【請求項 3】 前記第 1 工程において、少なくとも前記第 2 の露光装置で補正が困難な種類の像歪み成分を補正した状態で前記第 1 マスクのパターンを転写することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の露光方法。

【請求項 4】 前記第 1 の露光装置及び第 2 の露光装置の一方が露光中にマスクと基板とがほぼ静止している静止露光型の露光装置であり、他方が露光中にマスクと基板とが同期移動する走査型露光装置であることを特徴とする請求項 1～3 のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項 5】 前記静止露光型の露光装置及び前記走査型露光装置のそれぞれにとって補正容易な像歪み成分を補正した状態で前記第 1 工程、第 2 工程の露光が行われることを特徴とする請求項 4 に記載の露光方法。

【請求項 6】 前記補正容易な像歪み成分が、走査型露光装置では長方形成分、平行四辺形成分のいずれかを含み、静止露光型の露光装置では台形成分、軸対称像歪み成分のいずれかを含むことを特徴とする請求項 5 に記載の露光方法。

【請求項 7】 前記静止露光型の露光装置及び前記走査型露光装置が相互に

他方の装置で補正容易あるいは補正可能な像歪み成分の補正を緩く、かつ補正困難あるいは補正不能な像歪み成分については厳しく補正した状態で前記第 1、第 2 工程の露光が行われることを特徴とする請求項 4 に記載の露光方法。

【請求項 8】 前記静止露光型の露光装置では、長方形成分及び平行四辺形成分の少なくとも一方の像歪み成分を緩く補正し、台形成分及び軸対称像歪み成分の少なくとも一方を厳しく補正した状態で露光が行われることを特徴とする請求項 7 に記載の露光方法。

【請求項 9】 前記静止露光型の露光装置による軸対称像歪み成分の補正は、前記第 2 マスクの照射変動を考慮して行われることを特徴とする請求項 6 又は 8 に記載の露光方法。

【請求項 10】 請求項 1～9 のいずれか一項に記載の露光方法を用いることを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 11】 第 1 の露光装置と第 2 の露光装置とを含み、前記各露光装置を用いて基板上に複数層のパターンを重ね合わせて形成するリソグラフィシステムであって、

前記第 1 の露光装置及び前記第 2 の露光装置のそれぞれが、お互いの像歪み補正能力を考慮して結像特性を調整した状態で露光を行うことを特徴とするリソグラフィシステム。

【請求項 12】 前記第 1 の露光装置及び第 2 の露光装置の一方が露光中にマスクと基板とがほぼ静止している静止露光型の露光装置であり、他方が露光中にマスクと基板とを同期移動する走査型の露光装置であることを特徴とする請求項 11 に記載のリソグラフィシステム。

【請求項 13】 前記静止露光型の露光装置及び前記走査型露光装置のそれぞれが、補正容易な像歪み成分を補正して露光を行うことを特徴とする請求項 12 に記載のリソグラフィシステム。

【請求項 14】 前記補正容易な像歪み成分が、走査型露光装置では長方形成分、平行四辺形成分のいずれかを含み、静止露光型の露光装置では台形成分、軸対称像歪み成分のいずれかを含むことを特徴とする請求項 13 に記載のリソグラフィシステム。

【請求項 15】 前記静止露光型の露光装置及び前記走査型露光装置のそれぞれが、お互いに他方の装置が補正容易あるいは補正可能な像歪み成分の補正は緩く、他方が補正困難あるいは補正不能な像歪み成分については厳しく補正するように結像特性を調整して露光を行うことを特徴とする請求項 12 に記載のリソグラフィシステム。

【請求項 16】 前記静止露光型の露光装置では、長方形成分及び平行四辺形成分の少なくとも一方の像歪み成分を緩く補正し、台形成分及び軸対称像歪み成分の少なくとも一方を厳しく調整することを特徴とする請求項 15 に記載のリソグラフィシステム。

【請求項 17】 第 1 の露光装置を用いて第 1 マスクのパターンを基板上に転写するとともに、該第 1 マスクのパターンが転写された前記基板上に第 2 の露光装置を用いて第 2 マスクのパターンを重ねて転写する露光方法において、

前記第 1 マスクのパターンを前記基板上に転写するに際し、前記第 2 の露光装置の像歪み補正能力に関する情報に基づき前記第 1 の露光装置の結像特性を調整して前記第 1 マスクのパターンを前記基板上に転写することを特徴とする露光方法。

【請求項 18】 前記第 2 の露光装置で補正困難な種類の像歪み成分が小さくなるように前記第 1 の露光装置の結像特性を調整することを特徴とする請求項 17 に記載の露光方法。

【請求項 19】 第 1 の露光装置を用いて第 1 マスクのパターンを基板上に転写するとともに、該第 1 マスクのパターンが転写された前記基板上に第 2 の露光装置を用いて第 2 マスクのパターンを重ねて転写する露光方法において、

前記第 2 の露光装置で補正容易あるいは補正可能な像歪みが残るように前記第 1 の露光装置の結像特性を調整して前記第 1 マスクのパターンを前記基板上に転写することを特徴とする露光方法。

【請求項 20】 前記第 2 の露光装置は、露光中にマスクと基板とを同期移動する走査型露光装置であり、該走査型露光装置で補正容易あるいは補正可能な長方形成分及び平行四辺形成分の内のいずれかの像歪み成分が残るように前記第 1 の露光装置の結像特性を調整することを特徴とする請求項 19 に記載の露光方

法。

【請求項 21】 前記第 2 の露光装置は、露光中にマスクと基板とがほぼ静止している静止露光型の露光装置であり、該静止露光型の露光装置で補正容易あるいは補正可能な台形成分及び軸対象成分のいずれかの像歪み成分が残るように前記第 1 の露光装置の結像特性を調整することを特徴とする請求項 19 に記載の露光方法。

【請求項 22】 第 1 の露光装置を用いて第 1 マスクのパターンを基板上に転写するとともに、該第 1 マスクのパターンが転写された前記基板上に第 2 の露光装置を用いて第 2 マスクのパターンを重ねて転写する露光方法において、

前記第 2 の露光装置で補正困難あるいは補正不可能な像歪みを考慮して前記第 1 の露光装置の結像特性を調整して前記第 1 マスクのパターンを前記基板上に転写することを特徴とする露光方法。

【請求項 23】 前記第 2 の露光装置は、露光中にマスクと基板とを同期移動する走査型露光装置であり、該走査型露光装置で補正困難あるいは補正不可能な軸対称な像歪み成分を小さくするように前記第 1 の露光装置の結像特性を調整することを特徴とする請求項 22 に記載の露光方法。

【請求項 24】 前記第 2 の露光装置は、露光中にマスクと基板とがほぼ静止している静止露光型の露光装置であり、該静止露光型の露光装置で補正困難あるいは補正不可能な長方形成分及び平行四辺形成分を含む像歪みが小さくなるように前記第 1 の露光装置の結像特性を調整することを特徴とする請求項 22 に記載の露光方法。

【請求項 25】 第 1 の露光装置を用いて第 1 マスクのパターンを基板上に転写するとともに、該第 1 マスクのパターンが転写された前記基板上に第 2 の露光装置を用いて第 2 マスクのパターンを重ねて転写する露光方法において、

前記第 1 の露光装置で補正困難あるいは補正不可能な像歪みを考慮して前記第 2 の露光装置の結像特性を調整して前記第 2 マスクのパターンを前記基板上に転写することを特徴とする露光方法。

【請求項 26】 第 1 の露光装置と第 2 の露光装置とを用いて基板上に複数層のパターンを重ね合せて形成するための露光方法において、



前記第1の露光装置と前記第2の露光装置の少なくとも一方が、他方の像歪み補正能力を考慮して結像特性を調整することを特徴とする露光方法。

【請求項27】 前記第1の露光装置及び第2の露光装置の一方が露光中にマスクと基板とがほぼ静止している静止露光型の露光装置であり、他方が露光中にマスクと基板とを同期移動する走査型の露光装置であることを特徴とする請求項26に記載の露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、露光方法及びリソグラフィシステム並びにデバイス製造方法に係り、さらに詳しくは、例えば半導体素子又は液晶表示素子等のマイクロデバイスを製造する際にリソグラフィ工程で用いられるリソグラフィシステム及び露光方法、並びにこれらを用いてマイクロデバイスを製造するデバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、半導体素子又は液晶表示素子等のマイクロデバイスを製造するリソグラフィ工程では、種々の露光装置が用いられている。この露光装置として、例えばステップ・アンド・リピート方式の縮小投影型露光装置（いわゆるステッパ）が主として用いられていたが、集積回路等の高集積化に伴い、近年になって、このステッパより高精度な露光が可能ないわゆるステップ・アンド・スキャン方式等の走査型露光装置が開発され、今や主流となりつつある。この走査型露光装置は、矩形又は円弧状の照明光によりマスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）を照明し、レチクル及びウエハ等の基板を投影光学系に対して1次元方向に同期走査することにより、レチクルパターンを投影光学系を介して基板上に逐次転写するものである。

【0003】

かかる走査型露光装置によれば、収差の最も少ない投影光学系の有効露光フィールドの一部（中央部）のみを使用してレチクルパターンの転写が可能となるた

め、上記ステッパ等の静止露光型の露光装置（一括型露光装置ともいう）に比べてより微細なパターンをより高精度に露光することが可能になり、また、走査方向には投影光学系の制限を受けずに露光フィールドを拡大することができるので、大面積露光が可能であり、更には投影光学系に対してレチクル及びウエハを相対走査することで平均化効果があり、ディストーションや焦点深度の向上が期待出来る等のメリットがある。

#### 【0004】

ところで、半導体素子等を製造する場合には、異なる回路パターンを基板上に幾層にも積み重ねて形成する必要があるため、回路パターンが描画されたレチクルと、基板上の各ショット領域に既に形成されたパターンとを精確に重ね合わせること、すなわち重ね合せ精度が重要である。例えば、1枚の基板上の各レイヤ（層）の回路パターンを異なる投影露光装置を用いて形成する際に、投影露光装置間の投影像の歪みが異なると重ね合せ誤差が生じることから、投影露光装置間の投影光学系の像歪み（ディストーション）のマッチングも重ね合せ精度への影響が大きい項目の一つである。従来においても、重ね合せ精度の向上を図るべく、露光装置で自身の投影像に積極的に歪みを生じさせて、前層までの露光時に基板上に形成されたパターンと歪みの状態を一致させて露光する方式が提案されている。例えば、一括型露光装置における例としては、投影光学系の一部のレンズ素子を光軸方向に駆動、あるいは光軸直交面に対して傾斜させることにより像歪みを発生させる方法が、例えば特開平4-127514号公報に記載されている。また、走査型露光装置における例としては、走査露光中に投影光学系の倍率を連続的に変化させたり、レチクルと基板の走査方向の相対角度にオフセットをもたせる、あるいは前記相対角度を連続的に変化させる方法により、走査後に形成される像に歪みを与える方法が、例えば特開平7-57991号公報に記載されている。

#### 【0005】

##### 【発明が解決しようとする課題】

上記の従来の方法においても、補正できない像歪み成分が存在し、それが補正残留誤差となる。例えば、静止露光型の露光装置にあっては、重ね合せをすべき

パターン像の歪みに合わせて、レンズ素子を光軸方向に移動させることにより、倍率を変更したり、対称ディストーション成分等の光軸に対して対称な像歪み成分を発生させたり、あるいは、光学素子を傾斜させることで台形歪み成分等の光軸中心を通る直線に対して対称な像歪みを発生させることは容易である。

## 【0006】

しかしながら、これ以外の歪み成分が重ね合わせをすべきパターン像に含まれる場合、それに合わせて像歪みを発生させることは困難あるいは不可能である。例えば、正方形が長方形あるいは平行四辺形に歪む成分を、レンズ素子の動きで発生させることは困難である。

## 【0007】

一方、走査型露光装置にあっては、レチクルと基板の相対走査終了後に像が形成されるので、レチクルと基板の同期速度比、走査方向の相対角度をそれぞれ変えることにより、長方形成分、平行四辺形成分等の像歪みを発生させることは比較的簡単に実現できる。しかしながら、軸対称の対称ディストーションを発生させることは非常に困難あるいは不可能である。すなわち、例えば台形成分等の光軸中心を通る直線に対して対称な像歪みは、上記特開平7-57991号公報の図6に示される如く、走査露光中にスリット状照明領域の非走査方向の幅を徐々に変化させることにより近似的に発生させることは可能である。しかし、結像特性補正機構の制御応答の限界により完全なる台形歪み成分を発生させることは不可能である。また、近似的に台形成分を発生させるにしても非常に複雑な制御が必要となるという不都合もある。その他の軸対称成分、例えば糸巻き型ディストーション成分等についても同様である。

## 【0008】

本発明は、かかる事情の下になされたもので、その第1の目的は、重ね合せ精度の向上を図ることができるリソグラフィシステム及び露光方法を提供することにある。

## 【0009】

また、本発明の第2の目的は、高集積度のマイクロデバイスの生産性を向上させることができるデバイス製造方法を提供することにある。

## 【0010】

## 【課題を解決するための手段】

複数台の露光装置を用いて基板上に複数層のパターンを重ね合わせて形成するに際し、前層の露光を行った装置の像歪み補正能力に関する情報及び次層の露光に用いられる露光装置の像歪み補正能力に関する情報が、お互いに又は一方的に利用できれば、その相手方の装置の像歪み補正能力に基づいて最終的な補正残留誤差成分を小さくでき、結果的に重ね合せ精度を向上させることができるものと考えられる。本発明は、かかる点に着目してなされたもので、以下のような構成を採用する。

## 【0011】

請求項1に記載の発明は、複数台の露光装置（20A、20B）を用いて基板（W）上に複数層のパターンを重ね合わせて形成するための露光方法であって、第1の露光装置（20A又は20B）を用いて前記基板上に第1マスク（ $R_1$ 又は $R_2$ ）のパターンを転写する第1工程と；前記第1の露光装置の像歪み補正能力に関する情報に基づいて第2の露光装置（20B又は20A）の結像特性を調整する第2工程と；前記結像特性調整後の前記第2の露光装置を用いて前記基板上の前記第1マスクのパターンの転写像が形成された領域に第2マスク（ $R_2$ 又は $R_1$ ）のパターンを重ねて転写する第3工程とを含む。

## 【0012】

これによれば、第1工程において基板上に第1マスクのパターンを転写した第1の露光装置の像歪み補正能力に関する情報に基づいて、第2工程において第2の露光装置の結像特性が調整される。このため、この結像特性調整の際に、第1の露光装置で基板上に転写された第1マスクのパターン像の歪みを考慮した適切な（補正残留誤差を小さくするような）調整が可能となる。すなわち、その結像特性調整後の第2の露光装置を用いて基板上に第2マスクのパターンを転写した場合に、その第2マスクのパターン像の歪みが第1マスクのパターン像の歪みとほぼ同形状となるような第2の露光装置の結像特性の調整が可能となる。従って、第3工程において、第1マスクのパターンの転写像が形成された領域に第2マスクのパターンを重ねて転写することにより、補正残留誤差が殆どない良好な重

ね合わせを実現することが可能になる。

【0013】

この場合において、請求項2に記載の発明の如く、前記第1工程において、前記第2の露光装置（20B又は20A）の像歪み補正能力に基づいて前記第1の露光装置（20A又は20B）の結像特性を調整した状態で前記第1マスク（ $R_1$ 又は $R_2$ ）のパターンを前記基板（W）上に転写することが望ましい。かかる場合には、次の層の露光に用いられる第2の露光装置の像歪み補正能力に基づいて第1の露光装置の結像特性を調整した状態で第1マスクのパターンが基板上に転写されることから、第2工程における第2の露光装置の結像特性の調整が容易になるようにすることができる。

【0014】

上記請求項1又は2に記載の露光方法において、請求項3に記載の発明の如く、前記第1工程において、少なくとも前記第2の露光装置（20B又は20A）で補正が困難な種類の像歪み成分を補正した状態で前記第1マスク（ $R_1$ 又は $R_2$ ）のパターンを転写することが望ましい。かかる場合には、第1工程で少なくとも第2の露光装置（20B又は20A）で補正が困難な種類の像歪み成分を補正した状態で第1マスクのパターンが基板上に転写されるので、第2工程において補正残留誤差がなくなるような第2の露光装置の結像特性の調整を容易にかつ確実に行うことができる。

【0015】

上記請求項1～3に記載の各発明において、請求項4に記載の発明の如く、前記第1の露光装置（20A又は20B）及び第2の露光装置（20B又は20A）の一方が露光中にマスクと基板とがほぼ静止している静止露光型の露光装置であり、他方が露光中にマスクと基板とが同期移動する走査型露光装置であっても良い。

【0016】

この場合において、請求項5に記載の発明の如く、前記静止露光型の露光装置及び前記走査型露光装置のそれぞれにとって補正容易な像歪み成分を補正した状態で前記第1工程、第2工程の露光が行われることが望ましい。前述の如く、走

査型露光装置と静止露光型の露光装置では補正可能な像歪みが異なるため、お互いに補正し易い像歪みを補正することにより、お互いの補正後の像歪みは理想的な形状になっていなくても、重ね合わせを良くすることが可能となる。換言すれば、一方の不得意な像歪みは他方では容易に補正可能であるから、そちらに任せることにより、欠点を補うことができる。さらに、これを進めれば、他方が補正可能な成分は仮に大きくなったとしても、他方が補正できない成分を小さくした方が、最終的な重ね合わせを良くすることができる。

## 【0017】

上記請求項5に記載の発明において、請求項6に記載の発明の如く、前記補正容易な像歪み成分が、走査型露光装置では長方形成分、平行四辺形成分のいずれかを含み、静止露光型の露光装置では台形成分、軸対称像歪み成分のいずれかを含んでいても良い。

## 【0018】

上記請求項4に記載の露光方法において、請求項7に記載の発明の如く、前記静止露光型の露光装置及び前記走査型露光装置が相互に他方の装置で補正容易あるいは補正可能な像歪み成分の補正を緩く、かつ補正困難あるいは補正不能な像歪み成分については厳しく補正した状態で前記第1、第2工程の露光が行われても良い。かかる場合には、補正残留誤差は零とはならない場合もあるが、重ね合せ精度は明らかに向上する。

## 【0019】

この場合において、請求項8に記載の発明の如く、前記静止露光型の露光装置では、長方形成分及び平行四辺形成分の少なくとも一方の像歪み成分を緩く補正し、台形成分及び軸対称像歪み成分の少なくとも一方を厳しく補正した状態で露光が行われることが望ましい。

## 【0020】

上記請求項6又は8に記載の露光方法において、請求項9に記載の発明の如く、前記静止露光型の露光装置による軸対称像歪み成分の補正は、前記第2マスクの照射変動を考慮して行うことが望ましい。走査型露光装置では走査方向はマスクと基板の相対速度で結像位置がきまるので、両者の同期制御が予定通り行われ

ていれば系統だった像歪みは発生せず、また、非走査方向に関しては、走査中の平均化で像歪みは緩和されるので、投影光学系の収差等によっては軸対称像歪み成分が発生することは考えられない一方、マスクの照射変動により発生した軸対称歪み成分はそのままパターンの転写像の像歪みとしてそのまま発生するからである。

#### 【0021】

請求項10に記載の発明に係るデバイス製造方法は、請求項1～9のいずれか一項に記載の露光方法を用いることを特徴とする。これによれば、上記請求項1～9に記載の各発明に係る露光方法を用いることにより、露光工程における重ね合わせ精度が向上するので、より高集積度のマイクロデバイスを歩留まり良く製造することが可能になる。

#### 【0022】

請求項11に記載の発明は、第1の露光装置(20A又は20B)と第2の露光装置(20B又は20A)とを含み、前記各露光装置を用いて基板(W)上に複数層のパターンを重ね合わせて形成するリソグラフィシステムであって、前記第1の露光装置及び前記第2の露光装置のそれぞれが、お互いの像歪み補正能力を考慮して結像特性を調整した状態で露光を行う。

#### 【0023】

これによれば、第1の露光装置及び第2の露光装置がお互いの像歪み補正能力を考慮して結像特性を調整した状態で露光を行うので、いずれの露光装置を先に用いてパターンを基板上に重ね露光しても最終的に基板上に形成されるパターン同士の重ね合わせ精度を向上させることが可能になる。

#### 【0024】

この場合において、請求項12に記載の発明の如く、前記第1の露光装置(20A又は20B)及び第2の露光装置(20B又は20A)の一方が露光中にマスクと基板とがほぼ静止している静止露光型の露光装置であり、他方が露光中にマスクと基板とを同期移動する走査型の露光装置であっても良い。

#### 【0025】

この場合において、請求項13に記載の発明の如く、前記静止露光型の露光装

置及び前記走査型露光装置のそれぞれが、補正容易な像歪み成分を補正して露光を行うことが望ましい。前述の如く、走査型露光装置と静止露光型の露光装置では補正可能な像歪みが異なるため、お互いに補正し易い像歪みを補正することにより、お互いの補正後の像歪みは理想的な形状になっていなくても、重ね合わせを良くすることが可能となる。換言すれば、一方の不得意な像歪みは他方では容易に補正可能であるから、そちらに任せることにより、欠点を補うことができる。さらに、これを進めれば、他方が補正可能な成分は仮に大きくなったとしても、他方が補正できない成分を小さくした方が、最終的な重ね合わせを良くすることができる。

## 【0026】

上記請求項13に記載の発明において、請求項14に記載の発明の如く、前記補正容易な像歪み成分が、走査型露光装置では長方形成分、平行四辺形成分のいずれかを含み、静止露光型の露光装置では台形成分、軸対称像歪み成分のいずれかを含んでいても良い。

## 【0027】

また、上記請求項12に記載の発明に係るリソグラフィシステムにおいて、請求項15に記載の発明の如く、前記静止露光型の露光装置及び前記走査型露光装置のそれぞれが、お互いに他方の装置が補正容易あるいは補正可能な像歪み成分の補正は緩く、他方が補正困難あるいは補正不能な像歪み成分については厳しく補正するように結像特性を調整して露光を行っても良い。かかる場合には、補正残留誤差は零とはならない場合もあるが、重ね合せ精度は明らかに向上する。

## 【0028】

この場合において、請求項16に記載の発明の如く、前記静止露光型の露光装置では、長方形成分及び平行四辺形成分の少なくとも一方の像歪み成分を緩く補正し、台形成分及び軸対称像歪み成分の少なくとも一方を厳しく調整することが望ましい。

## 【0029】

請求項17に記載の発明は、第1の露光装置(20A又は20B)を用いて第1マスク( $R_1$ 又は $R_2$ )のパターンを基板(W)上に転写するとともに、該第



1 マスクのパターンが転写された前記基板上に第2の露光装置（20B又は20A）を用いて第2マスク（ $R_2$  又は  $R_1$ ）のパターンを重ねて転写する露光方法において、前記第2の露光装置の像歪み補正能力に関する情報に基づき前記第1の露光装置の結像特性を調整して前記第1マスクのパターンを前記基板上に転写することを特徴とする。

## 【0030】

これによれば、第1マスクのパターンを基板上に転写するに際し、次に第2マスクのパターンを基板上に転写するのに用いられる第2の露光装置の像歪み補正能力に関する情報に基づき第1の露光装置の結像特性を調整して第1マスクのパターンが基板上に転写されることから、第2の露光装置による結像特性の調整が容易になるようにすることができる。

## 【0031】

この場合において、請求項18に記載の発明の如く、前記第2の露光装置（20B又は20A）で補正困難な種類の像歪み成分が小さくなるように前記第1の露光装置（20A又は20B）の結像特性を調整することが望ましい。かかる場合には、少なくとも第2の露光装置で補正が困難な種類の像歪み成分を補正した状態で第1の露光装置により第1マスクのパターンが基板上に転写されるので、補正残留誤差がなくなるような第2の露光装置の結像特性の調整を容易にかつ確実に行うことができる。

## 【0032】

請求項19に記載の発明は、第1の露光装置（20A又は20B）を用いて第1マスク（ $R_1$  又は  $R_2$ ）のパターンを基板（W）上に転写するとともに、該第1マスクのパターンが転写された前記基板上に第2の露光装置（20B又は20A）を用いて第2マスク（ $R_2$  又は  $R_1$ ）のパターンを重ねて転写する露光方法において、前記第2の露光装置で補正容易あるいは補正可能な像歪みが残るように前記第1の露光装置の結像特性を調整して前記第1マスクのパターンを前記基板上に転写することを特徴とする。

## 【0033】

これによれば、第1マスクのパターンを基板上に転写するに際し、次に第2マ

スクのパターンの転写を行う第2の露光装置で補正容易あるいは補正可能な像歪みが残るように第1の露光装置の結像特性を調整して第1マスクのパターンが基板上に転写される。このため、第2の露光装置では基板上に転写された第1マスクのパターンの像歪みに合わせた像歪みを発生させた（すなわち第1マスクのパターン像の像歪みを補正した）状態で第2マスクのパターンを前記第1マスクのパターンの像にほぼ重ね合わせて転写することができる。

## 【0034】

この場合において、請求項20に記載の発明の如く、前記第2の露光装置が、露光中にマスクと基板とを同期移動する走査型露光装置である場合には、該走査型露光装置で補正容易あるいは補正可能な長方形成分及び平行四辺形成分の内のいずれかの像歪み成分が残るように前記第1の露光装置の結像特性を調整することが望ましい。また、請求項21に記載の発明の如く、前記第2の露光装置が、露光中にマスクと基板とがほぼ静止している静止露光型の露光装置である場合には、該静止露光型の露光装置で補正容易あるいは補正可能な台形成分及び軸対象成分のいずれかの像歪み成分が残るように前記第1の露光装置の結像特性を調整することが望ましい。

## 【0035】

請求項22に記載の発明は、第1の露光装置（20A又は20B）を用いて第1マスク（ $R_1$  又は  $R_2$ ）のパターンを基板（W）上に転写するとともに、該第1マスクのパターンが転写された前記基板上に第2の露光装置（20B又は20A）を用いて第2マスク（ $R_2$  又は  $R_1$ ）のパターンを重ねて転写する露光方法において、前記第2の露光装置で補正困難あるいは補正不可能な像歪みを考慮して前記第1の露光装置の結像特性を調整して前記第1マスクのパターンを前記基板上に転写することを特徴とする。

## 【0036】

これによれば、第1マスクのパターンを基板上に転写するに際し、次に第2マスクのパターン転写を行う第2の露光装置で補正困難あるいは補正不可能な像歪みを考慮して第1の露光装置の結像特性を調整して第1マスクのパターンが基板上に転写される。このため、第2の露光装置で補正困難あるいは補正不可能な像

歪みが残らないように第1の露光装置の結像特性を調整して第1マスクのパターンを基板上に転写することが可能になり、第2の露光装置では基板上に転写された第1マスクのパターンの像歪みに合わせた像歪みを発生させた（すなわち第1マスクのパターン像の像歪みを補正した）状態で第2マスクのパターンを第1マスクのパターンの像にほぼ重ね合わせて転写することができる。

## 【0037】

この場合において、請求項23に記載の発明の如く、前記第2の露光装置が、露光中にマスクと基板とを同期移動する走査型露光装置である場合には、該走査型露光装置で補正困難あるいは補正不可能な軸対称な像歪み成分を小さくするように前記第1の露光装置の結像特性を調整することが望ましい。また、請求項24に記載の発明の如く、前記第2の露光装置が、露光中にマスクと基板とがほぼ静止している静止露光型の露光装置である場合には、該静止露光型の露光装置で補正困難あるいは補正不可能な長方形成分及び平行四辺形成分を含む像歪みが小さくなるように前記第1の露光装置の結像特性を調整することがのぞましい。

## 【0038】

請求項25に記載の発明は、第1の露光装置（20A又は20B）を用いて第1マスク（ $R_1$  又は  $R_2$ ）のパターンを基板（W）上に転写するとともに、該第1マスクのパターンが転写された前記基板上に第2の露光装置（20B又は20A）を用いて第2マスク（ $R_2$  又は  $R_1$ ）のパターンを重ねて転写する露光方法において、前記第1の露光装置で補正困難あるいは補正不可能な像歪みを考慮して前記第2の露光装置の結像特性を調整して前記第2マスクのパターンを前記基板上に転写することを特徴とする。

## 【0039】

これによれば、基板上に第1マスクのパターンを転写した第1の露光装置で補正困難あるいは補正不可能な像歪みを考慮して第2の露光装置の結像特性を調整した状態で第2マスクのパターンが基板上に転写される。従って、第2マスクのパターン転写に際して、第1の露光装置で補正困難あるいは補正不可能な像歪みを積極的に発生させるように第2の露光装置の結像特性を調整した状態で第1マスクのパターンが転写された基板上に第2マスクのパターンを重ねて転写するこ

とにより、補正残留誤差が殆どない良好な重ね合わせを実現することが可能になる。

【0040】

請求項26に記載の発明は、第1の露光装置(20A又は20B)と第2の露光装置(20B又は20A)とを用いて基板上に複数層のパターンを重ね合せて形成するための露光方法において、前記第1の露光装置と前記第2の露光装置の少なくとも一方が、他方の像歪み補正能力を考慮して結像特性を調整することを特徴とする。

【0041】

これによれば、第1の露光装置及び第2の露光装置の少なくとも一方が他方の像歪み補正能力を考慮して結像特性を調整した状態で露光が行われるので、パターンを基板上に重ね露光した場合に、基板上に形成されるパターン同士の重ね合わせ精度を向上させることが可能になる。

【0042】

この場合において、請求項27に記載の発明の如く、前記第1の露光装置及び第2の露光装置の一方が露光中にマスクと基板とがほぼ静止している静止露光型の露光装置であり、他方が露光中にマスクと基板とを同期移動する走査型の露光装置であっても良い。

【0043】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施形態を図1～図7に基づいて説明する。

【0044】

図1には、一実施形態に係るリソグラフィシステムの構成が概略的に示されている。このリソグラフィシステム10は、第1チャンバ110Aを有する露光装置20Aと第2チャンバ110Bを有する露光装置20Bとを備えている。

【0045】

前記露光装置20Aとしては、ここではステップ・アンド・スキャン方式の走査型投影露光装置(いわゆるスキヤニング・ステッパ)が用いられ、前記露光装置20Bとしては、ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影型露光装置(い

わゆるステッパ) が用いられている。

【0046】

前記露光装置20Aは、照明光学系 $IOP_1$ 、マスクとしてのレチクル $R_1$ を保持するレチクルステージ $RST_1$ 、投影光学系 $PL_1$ 、基板としてのウエハWが搭載されるウエハステージ $WST_1$ 等を備えている。照明光学系 $IOP_1$ には、ビームマッチングユニットBMU1を介して階下の部屋(露光装置20A、20Bが設置されるクリーンルームよりクリーン度の低いサービスルーム)に設置されたKrFエキシマレーザ装置1Aが接続されている。

【0047】

前記露光装置20Bは、照明光学系 $IOP_2$ 、マスクとしてのレチクル $R_2$ を保持するレチクルステージ $RST_2$ 、投影光学系 $PL_2$ 、基板としてのウエハWが搭載されるウエハステージ $WST_2$ 等を備えている。照明光学系 $IOP_2$ には、ビームマッチングユニットBMU2を介して階下のサービスルームに設置されたKrFエキシマレーザ装置1Bが接続されている。

【0048】

図2には、露光装置20Aの全体構成が更に詳細に示されている。なお、この図2では、チャンバ110Aは図示が省略されている。

【0049】

前記照明光学系 $IOP_1$ は、コリメータレンズ、フライアイレンズ等(いずれも図示せず)からなる照度均一化光学系2、リレーレンズ3、可変NDフィルタ4、レチクルブラインド5、リレーレンズ6及びダイクロイックミラー7等を含んで構成されている。

【0050】

ここで、この照明光学系 $IOP_1$ の構成各部についてその作用とともに説明すると、前記エキシマレーザ装置1Aで発生した照明光(KrFエキシマレーザ光)ILはビームマッチングユニットBMU2を介して該照明光学系 $IOP_1$ 内に入射し、照度均一化光学系2により照度分布がほぼ均一な光束に変換される。照明光ILとしては、例えばArFエキシマレーザ光、 $F_2$ エキシマレーザ光(波長157nm)等のエキシマレーザ光、銅蒸気レーザやYAGレーザの高調波、

あるいは超高圧水銀ランプからの紫外域の輝線（ $g$ 線、 $i$ 線等）等を用いても良い。

#### 【0051】

照度均一化光学系2から水平に射出された光束は、リレーレンズ3を介して、レチクルブラインド5に達する。このレチクルブラインド5は、レチクル $R_1$ のパターン形成面及びウエハWの露光面と光学的に共役な面に配置され、このレチクルブラインド5のリレーレンズ3側に密着するように、前記可変NDフィルタ4が設置されている。

#### 【0052】

前記レチクルブラインド5は、複数枚の可動遮光板（例えば2枚のL字型の可動遮光板）を例えばモータにより開閉することにより開口部の大きさ（スリット幅等）を調整することにより、レチクル $R_1$ を照明するスリット状の照明領域IAR（図3参照）を任意の形状及び大きさに設定できるようになっている。

#### 【0053】

また、可変NDフィルタ4は透過率分布を所望の状態に設定するもので、例えば二重すだれ構造、液晶表示パネル、エレクトロクロミックデバイス、又は所望の形状のNDフィルタより構成されている。本実施形態ではこの可変NDフィルタ4は、可変NDフィルタ制御部22によって出し入れ（あるいはその回転角度）等の制御がなされており、これによりレチクル $R_1$ 上の照明領域IAR内の照度分布が意図的に不均一にされ、結果的に走査中のウエハW上の露光量を一定に保つことができるようになっている。通常は、可変NDフィルタ4の全体が100%透過になっており、レチクル $R_1$ 上の照明領域IAR内の照度分布は均一である。

#### 【0054】

可変NDフィルタ4及びレチクルブラインド5を通過した光束は、リレーレンズ6を通過してダイクロイックミラー7に至り、ここで鉛直下方に折り曲げられて回路パターン等が描かれたレチクル $R_1$ の照明領域IAR部分を照明する。

#### 【0055】

前記レチクルステージ $RST_1$ 上にはレチクル $R_1$ が、例えば真空吸着により

固定されている。レチクルステージ $RST_1$ は、ここでは、磁気浮上型の2次元リニアアクチュエータから成る不図示のレチクルステージ駆動部によって、レチクル $R_1$ の位置決めのため、照明光学系の光軸 $IX$ （後述する投影光学系 $PL_1$ の光軸 $AX$ に一致）に垂直な平面内で2次的に（ $X$ 軸方向及びこれに直交する $Y$ 軸方向及び $XY$ 平面に直交する $Z$ 軸回りの回転方向に）微小駆動可能であるとともに、所定の走査方向（ここでは $Y$ 方向とする）に指定された走査速度で駆動可能となっている。このレチクルステージ $RST_1$ は、レチクル $R_1$ の全面が少なくとも照明光学系の光軸 $IX$ を横切ることができるだけの $Y$ 方向の移動ストロークを有している。さらに、本実施形態では上記磁気浮上型の2次元リニアアクチュエータは $X$ 駆動用コイル、 $Y$ 駆動用コイルの他に $Z$ 駆動用コイルを含んでいるため、 $Z$ 方向にも微小駆動可能となっている。

## 【0056】

レチクルステージ $RST_1$ の端部にはレチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」という）16からのレーザビームを反射する移動鏡15が固定されており、レチクルステージ $RST_1$ のステージ移動面内の位置はレチクル干渉計16によって、例えば0.5～1nm程度の分解能で常時検出される。ここで、実際には、レチクルステージ $RST_1$ 上には走査方向に直交する反射面を有する移動鏡と非走査方向に直交する反射面を有する移動鏡とが設けられ、レチクル干渉計16は走査方向に1軸、非走査方向には2軸設けられているが、図2ではこれらが代表的に移動鏡15、レチクル干渉計16として示されている。

## 【0057】

レチクル干渉計16からのレチクルステージ $RST_1$ の位置情報はステージ制御系19に送られ、ステージ制御系19はレチクルステージ $RST_1$ の位置情報に基づいてレチクルステージ駆動部（図示省略）を介してレチクルステージ $RST_1$ を駆動する。

## 【0058】

なお、不図示のレチクルアライメント系により所定の基準位置にレチクル $R_1$ が精度良く位置決めされるように、レチクルステージ $RST_1$ の初期位置が決定されるため、移動鏡15の位置をレチクル干渉計16で測定するだけでレチクル

$R_1$  の位置を十分高精度に測定したことになる。

【0059】

前記投影光学系  $PL_1$  は、レチクルステージ  $RST_1$  の図2における下方に配置され、その光軸  $AX$  (照明光学系の光軸  $IX$  に一致) の方向が  $Z$  軸方向とされ、ここでは両側テレセントリックな光学配置となるように光軸  $AX$  方向に沿って所定間隔で配置された複数枚のレンズエレメント 27、29、30、31、……及びこれらのレンズエレメント 27、29、30、31、……を保持するレンズ鏡筒 32 を含んで構成されている。この投影光学系  $PL_1$  は所定の投影倍率、例えば  $1/5$  (あるいは  $1/4$ ) を有する縮小光学系である。このため、照明光学系  $IOP_1$  からの照明光  $IL$  によってレチクル  $R_1$  の照明領域  $IAR$  (図3参照) が照明されると、このレチクル  $R_1$  を通過した照明光  $IL$  により、投影光学系  $PL_1$  を介して照明領域  $IAR$  部分のレチクル  $R_1$  の回路パターンの縮小像 (部分倒立像) が表面にレジスト (感光剤) が塗布されたウエハ  $W$  上に形成される。この露光装置 20A では、この投影光学系  $PL_1$  による投影像の歪み (倍率を含む) を補正する結像特性補正手段が設けられている (これについては、後に詳述する)。

【0060】

前記ウエハステージ  $WST_1$  は、投影光学系  $PL_1$  の図2における下方に配置され、このウエハステージ  $WST_1$  上には、ウエハホルダ 9 が保持されている。このウエハホルダ 9 上にはウエハ  $W$  が真空吸着されている。ウエハホルダ 9 は不図示の駆動部により、投影光学系  $PL_1$  の最良結像面に対し、任意方向に傾斜可能で、かつ投影光学系  $PL_1$  の光軸  $AX$  方向 ( $Z$  方向) に微動が可能に構成されている。また、このウエハホルダ 9 は光軸  $AX$  回りの回転動作も可能になっている。

【0061】

ウエハステージ  $WST_1$  は走査方向 ( $Y$  方向) の移動のみならず、ウエハ  $W$  上の複数のショット領域を前記照明領域  $IAR$  と共役な露光領域  $IA$  に位置させることができるように、走査方向に垂直な方向 ( $X$  方向) にも移動可能に構成されており、ウエハ  $W$  上の各ショット領域を走査 (スキャン) 露光する動作と、次の



ショットの露光開始位置まで移動する動作とを繰り返すステップ・アンド・スキャン動作を行う。このウエハステージ  $WST_1$  はモータ等のウエハステージ駆動部（不図示）により  $XY$  2次元方向に駆動される。

#### 【0062】

ウエハステージ  $WST_1$  の端部にはウエハレーザ干渉計（以下、「ウエハ干渉計」という）18からのレーザビームを反射する移動鏡17が固定され、ウエハステージ  $WST_1$  の  $XY$  平面内での位置はウエハ干渉計18によって、例えば0.5~1 nm程度の分解能で常時検出されている。ここで、実際には、ウエハステージ  $WST_1$  上には走査方向に直交する反射面を有する移動鏡と非走査方向に直交する反射面を有する移動鏡とが設けられ、ウエハ干渉計18は走査方向に1軸、非走査方向には2軸設けられているが、図2ではこれらが代表的に移動鏡17、ウエハ干渉計18として示されている。ウエハステージ  $WST_1$  の位置情報（又は速度情報）はステージ制御系19に送られ、ステージ制御系19はこの位置情報（又は速度情報）に基づいてウエハステージ  $WST_1$  を制御する。

#### 【0063】

上記のように構成された露光装置20Aにおいては、図3に示されるように、レチクル  $R_1$  の走査方向（ $Y$ 方向）に対して垂直な方向に長手方向を有する長方形（スリット状）の照明領域  $IAR$  でレチクル  $R_1$  が照明され、レチクル  $R_1$  は露光時に  $-Y$  方向に速度  $V_R$  で走査（スキャン）される。照明領域  $IAR$ （中心は光軸  $AX$  とほぼ一致）は投影光学系  $PL_1$  を介してウエハ  $W$  上に投影され、スリット状の投影領域、すなわち露光領域  $IA$  が形成される。ウエハ  $W$  はレチクル  $R_1$  とは倒立結像関係にあるため、ウエハ  $W$  は速度  $V_R$  の方向とは反対方向（ $+Y$  方向）にレチクル  $R_1$  に同期して速度  $V_W$  で走査され、ウエハ  $W$  上のショット領域  $SA$  の全面が露光可能となっている。走査速度の比  $V_W / V_R$  が正確に投影光学系  $PL_1$  の縮小倍率に応じたものになっている場合には、レチクル  $R_1$  のパターン領域  $PA$  のパターンがウエハ  $W$  上のショット領域  $SA$  上に正確に縮小転写される。照明領域  $IAR$  の長手方向の幅は、レチクル  $R_1$  上のパターン領域  $PA$  よりも広く、遮光領域  $ST$  の最大幅よりも狭くなるように設定され、走査（スキャン）することによりパターン領域  $PA$  全面が照明されるようになっている。

## 【0064】

図2に戻り、投影光学系 $PL_1$ の側面には、ウエハW上の各ショット領域に付設されたアライメントマーク（ウエハマーク）の位置を検出するためのオフ・アクシス方式のアライメント顕微鏡、例えば画像処理方式の結像式アライメントセンサ8が設けられ、そのアライメントセンサ8の計測結果が、装置全体の動作を制御する主制御装置100に供給されるようになっている。そして、主制御装置100では、ウエハマークの計測された位置に基づいて例えば特開昭61-44429号公報に開示される統計演算によりウエハW上のショット領域の配列座標を算出する。以下、このショット領域の配列座標を求める処理をEGA（エンハンスト・グローバル・アライメント）という。

## 【0065】

また、図2の装置には、投影光学系 $PL_1$ の最良結像面に向けて複数のスリット像を形成するための結像光束を光軸AX方向に対して斜め方向より供給する照射光学系13と、その結像光束のウエハWの表面での各反射光束をそれぞれスリットを介して受光する受光光学系14とから成る斜入射方式の多点焦点位置検出系が、投影光学系 $PL_1$ を支える支持部（図示省略）に固定されている。この多点焦点位置検出系（13、14）としては、例えば特開平5-190423号公報に開示されるものと同様の構成のものが用いられ、ウエハ表面の複数点の結像面に対するZ方向の位置偏差を検出し、ウエハWと投影光学系 $PL_1$ とが所定の間隔を保つようにウエハホルダ9をZ方向及び傾斜方向に駆動するために用いられる。多点焦点位置検出系（13、14）からのウエハ位置情報は、主制御装置100を介してステージ制御系19に送られる。ステージ制御系19はこのウエハ位置情報に基づいてウエハホルダ9をZ方向及び傾斜方向に駆動する。

## 【0066】

次に、投影光学系 $PL_1$ の結像特性を補正するための結像特性補正手段について説明する。この結像特性補正手段は、大気圧変化、照明光吸収等による投影光学系 $PL_1$ 自体の結像特性の変化を補正すると共に、ウエハW上の前層の露光ショット（ショット領域）の歪みに合わせてレチクル $R_1$ のパターンの投影像を歪ませる働きをもつ。投影光学系 $PL_1$ の結像特性としては焦点位置、像面湾曲、

ディストーション、非点収差等があり、それらを補正する機構はそれぞれ考えられるが、以下の説明においては結像特性補正手段は、主として投影像の歪み（倍率を含む）に関する補正のみを行なうものとする。

## 【0067】

図2において、投影光学系 $PL_1$ を構成する、レチクル $R_1$ に最も近いレンズエレメント27は支持部材28に固定され、レンズエレメント27に続くレンズエレメント29、30、31、…は投影光学系 $PL_1$ のレンズ鏡筒10に固定されている。支持部材28は、伸縮自在の複数（ここでは3つ）の駆動素子、例えばピエゾ素子11a、11b、11c（但し、図1では紙面奥側の駆動素子11cは図示せず）を介して投影光学系 $PL_1$ のレンズ鏡筒32と連結されている。駆動素子11a、11b、11cに印加される駆動電圧が結像特性制御部12によって独立して制御され、これによって、レンズエレメント27が光軸AXに直交する面に対して任意に傾斜及び光軸方向に移動可能な構成となっている。各駆動素子によるレンズエレメント27の駆動量は不図示の位置センサにより厳密に測定され、その位置はサーボ制御により目標値に保たれるようになっている。

## 【0068】

この露光装置20Aではレンズエレメント27の支持部材28、駆動素子11a、11b、11c及びこれに対する駆動電圧を制御する結像特性制御部12によって結像特性補正手段（倍率調整手段を兼ねる）が構成されている。なお、投影光学系 $PL_1$ の光軸AXとはレンズエレメント29以下のレンズエレメントの共通の光軸を指すものとする。

## 【0069】

さらに、この露光装置20Aではキーボード等の入力装置21が主制御装置100に接続されている。

## 【0070】

次に、露光装置20Bの構成等について簡単に説明する。この露光装置20Bの全体構成は、基本的に図2に示される露光装置20Aとほぼ同様であるため、その詳細構成は図示が省略されている。この露光装置20Bでは、レチクルブラインドとして正方形の開口を有する固定のレチクルブラインドが設けられている点

及び、レチクルステージ $RST_2$ としてX、Y面内及びZ方向に微小駆動可能な構造のものが用いられている点が異なるのみで、その他の部分の構成等は上記の結像特性補正手段を含め露光装置20Aとほぼ同様である。この露光装置20Bでは、レチクル $R_2$ 上の正方形のパターン領域が固定のレチクルブラインドで規定された照明光で照明され、ウエハWがほぼ静止した状態でレチクル $R_2$ のパターンがウエハW上に縮小投影される。この露光装置20Bの場合、照明領域はウエハW上のショット領域と一致しており、レチクル $R_2$ のパターンをウエハW上に転写する露光動作と次ショットの露光位置へのウエハWのステップ移動とを繰り返し行って、ステップ・アンド・リピート方式でウエハW上にレチクル $R_2$ のパターンが順次転写される。

## 【0071】

以下の説明においては、便宜上、図1に示されている以外の構成部分について、露光装置20Aに関するものは図2の符号に添え字「 $_1$ 」を付して表し、露光装置20Bに関するものは添え字「 $_2$ 」を付して表すものとする。

## 【0072】

次に、それぞれの露光装置の像歪みの補正方法（発生方法）について具体的に説明する。まず、比較的単純な露光装置20Bについて、図4に基づいて説明する。

## 【0073】

露光装置20Bでは、投影光学系 $PL_1$ と同様に、両側テレセントリックな投影光学系 $PL_2$ が用いられているため、レンズエレメント27 $_2$ 又はレチクル $R_2$ を、投影光学系 $PL_2$ の光軸AXの方向に平行に駆動した場合、光軸に対称な成分の像歪み（これは倍率成分である）、例えば図4（A）中に二点鎖線 $PA_2$ で示される正方形パターンの像を実線で示されるような形状の像 $PA_2'$ に変化させる対称ディストーション（糸巻き型ディストーション）を発生させることができる。ここで、投影光学系 $PL_2$ としてレチクル側が非テレセントリックなものが用いられている場合には、レンズエレメント27 $_2$ の光軸AX方向の駆動により、倍率のみを変更することが可能である。

## 【0074】

また、レチクル $R_2$ あるいはレンズ素子 $27_2$ を光軸AXに垂直な平面に対して傾斜させた場合、傾斜時の回転軸をRXとすると、図4(B)のように、正方形のパターン像 $PA_2$ を実線で示される台形状のパターン像 $PA_2''$ に変化させることができる。すなわち、軸RXを中心に倍率成分を変化させることで、台形状の歪みを発生させることができる。

## 【0075】

ここで、レチクル $R_2$ の駆動は、前述した磁気浮上型の2次元リニアアクチュエータのZ駆動コイルを介して行っても勿論良いが、かかるアクチュエータを用いない場合には、上記レンズエレメント $27_2$ と同様に3つのピエゾ素子を結像特性制御部 $12_2$ によって駆動制御するようにしても良い。また、レンズエレメント $27_2$ のみでなく、レンズエレメント $29_2$ 等の他のレンズエレメントをも駆動可能に構成しても良い。あるいは複数枚のレンズから成るレンズ群を駆動可能に構成しても良い。

## 【0076】

通常、像歪みを発生させるとそれに伴い、像面位置（フォーカス）、コマ収差等が副作用として変化するので、それらを打ち消すようにレチクル $R_2$ 、レンズ素子 $27$ を駆動する必要がある。一例として像面位置（フォーカス）、コマ収差、ディストーションの3つを採り上げて簡単に説明すると、例えばコマ収差を変化させることなく、ディストーションのみを変化させるには、初期調整の段階で、例えばレチクル $R_2$ 、レンズ素子 $27_2$ を独立して駆動しながら、フォーカス、コマ収差、ディストーションの3種類の結像特性について測定を行い、上記3つの結像特性変化係数を求めておく。そして、上記の結像特性変化係数の内、フォーカスを除く2種類の結像特性変化係数とレチクル $R_2$ 、レンズ素子 $27_2$ の駆動量とを用いて2元連立1次方程式を立て、その式のディストーションの変化係数にのみ所定量を入れ、コマ収差の変化係数に零を入れた新たな連立方程式を立てる。そして、この式を解いて得られた駆動量に応じてレチクル $R_2$ 、レンズ素子 $27_2$ を駆動すれば良い。ここで、フォーカスを除くのは、ディストーション等の他の結像特性を補正するためにレンズ等を駆動すると、それに付随してフォーカス変動するので、フォーカスの補正は別の装置により行う必要がある

からである。フォーカスの補正は、上記の副作用により変化したフォーカスの変動量を考慮して、前述した斜入射方式の多点焦点位置検出系 ( $13_2$ 、 $14_2$ ) の目標値を変更することによって、対応が可能である。

【0077】

以上のように、軸対称成分あるいは、傾斜軸に対して比例して変化する成分の補正は露光装置 20B のような静止露光型の露光装置では比較的簡単に行うことができる。これに対して、長方形（菱形も同じ）成分のような左右非対称な成分はレンズがもともと回転対称であるため、発生させにくい歪みである。

【0078】

これを実現するためには予め、直交する方向の曲率を変えて研磨した 2 組のレンズ素子を用意してお互いに回転させて非対称な成分を補正する方法も考案されているが、初期調整はともかく、露光動作時に駆動するのは非常に困難で、複雑な機構を用意する必要がある。従って、かかる方法により左右非対称な成分を発生させる（補正する）ことは、現実的な選択と言えない。

【0079】

露光装置 20B の主制御装置  $100_2$  に対し、露光時にウエハ W に対して前の層（レイヤ）の露光を行った露光装置及び次の層の露光を行う露光装置の少なくとも一方の像歪みの測定データ及び像歪み補正能力に関するデータをオペレータが入力装置 21 を介して入力したり、あるいは通信回線によりその露光装置の制御系から入力することにより、その主制御装置  $100_2$  では、最小二乗法あるいは最大誤差最小計算法により、各駆動素子 ( $11a_2 \sim 11c_2$ ) 等の最適駆動量を計算して目標値を設定する。あるいは、露光装置の像歪みだけではなく、ウエハ W のプロセスによる歪みやレチクル描画誤差も考慮して目標値を設定しても良い。

【0080】

一方、露光装置 20A では、前述した走査露光後にパターンが形成されるので、投影光学系  $PL_1$  の像形状の変更だけでは意味が無く、走査中に走査方向の像歪みは平均化されてしまうので、これを考慮しなければならない。まず、倍率の変更は露光装置 20B と同様の方法で投影光学系  $PL_1$  の倍率を変更するととも

に、レチクル $R_1$ とウエハ $W$ の相対走査速度を変更する必要がある。投影光学系 $PL_1$ の倍率変更で非走査方向の倍率を変更でき、レチクル $R_1$ とウエハ $W$ との同期速度比を変更することで走査方向の倍率変更が可能である。従って、露光装置20Aの主制御装置100<sub>1</sub>では、各方向の倍率を変えることにより、図5(A)中に二点鎖線で示される正方形のパターン像 $PA_1$ が実線で示されるような長方形のパターン像 $PA_1'$ に変化するような像歪み(長方形成分)を発生させることが可能である。また、レチクル $R_1$ とウエハ $W$ の走査方向の相対角度にオフセットを与えることにより、図5(B)の実線 $PA_1''$ で示されるような像歪み(菱形状あるいは平行四辺形状の像歪み)を発生させることが可能である。さらに、走査中のレチクル $R_1$ とウエハ $W$ の走査方向の相対角度を徐々に変化させることにより、図5(C)中に実線 $PA_3$ で示されるような像歪みを発生させることが可能である。

#### 【0081】

このように、露光装置20Aでは、レチクル $R_1$ とウエハ $W$ の相対走査(同期移動)によりレチクル $R_1$ のパターン像を形成するために、走査方向と非走査方向とに独立に像歪みを発生させることが可能である。また、走査中に同期速度、走査方向の相対角度等の条件を変えることにより、走査位置で異なる像歪みを発生させることができる。この一方、静止露光型の露光装置で簡単に実現できた図4(A)のような軸対称の歪みを発生させることは困難である。また、図4(B)のような台形状の像歪みも走査中の倍率変化、走査角度の変化で対応できなくもないが、複雑な制御が必要で困難である。

#### 【0082】

露光装置20Aのような走査型露光装置は、投影光学系 $PL_1$ の有効径が小さくても大きな露光領域が露光できるため、投影光学系 $PL_1$ のNAをより大きくすることが可能で、微細なパターンの露光に適している。また、投影光学系 $PL_1$ の歪みもレチクル $R_1$ とウエハ $W$ とを走査することで平均化され、照度むらも平均化される効果がある。さらにウエハ $W$ のうねりに対しても、露光領域IAの位置の移動に応じてフォーカス・レベリング制御(ウエハ $W$ のZ位置及び傾斜制御)を行うことにより、うねりの影響をあまり受けることなく高精度な露光が可

能である。これらの利点より微細なパターンの層の露光に用いられることが多い。

### 【0083】

一方、露光装置20Bのような静止露光型の露光装置は、走査する必要がないので、生産性（スループット）に優れている。このため、特に微細な線幅を使用しない層の露光に用いられることが多い。このように、両タイプの露光装置には線幅制御性が厳しいか、緩いか等によって層毎に使い分けるメリットがあるため、同一のデバイス製造ラインで、静止露光型の露光装置と走査型の露光装置によるいわゆるミックス・アンド・マッチが非常に多く行われており、両タイプの露光装置を用いて同一ウエハ上に異なるレイヤのパターンが重ね合せ露光される。

### 【0084】

次に、上述した本実施形態のリソグラフィシステム10において、同一のウエハ上に異なるレチクル $R_1$ と $R_2$ のパターンを重ねて転写する露光方法について説明する。

### 【0085】

まず、第1のケースについて図6に基づいて説明する。

### 【0086】

図6(A)は、露光装置20Bの投影光学系 $PL_2$ の像歪みを示している。一点鎖線 $PA_2$ がレチクル $R_2$ の本来のパターン（正方形パターン）である。このパターン $PA_2$ を露光装置20Bを用いて結像特性を補正することなく、ウエハW上に投影すると、実線 $PA_2'$ のような像歪みが発生するものとする。この像歪み $PA_2'$ は、点線 $PA_2''$ のような平行四辺形の像歪み成分と対称ディストーション（図4(A)の糸巻き型ディストーション）成分とが組み合わされたものである。

### 【0087】

一方、露光装置20Aの投影光学系 $PL_1$ の投影像が図6(C)に示されている。この図6(C)ではレチクル $R_1$ の本来のパターン（正方形パターン） $PA_1$ がそのままウエハW上に縮小投影され、像歪みが全くないことがわかる。これは、露光装置20Aのような走査型露光装置では走査方向はレチクルとウエハの



相対速度で結像位置がきまるので、レチクルステージ $RST_1$ 、ウエハステージ $WST_1$ の同期制御が予定通り行われていれば系統だった像歪みは発生せず、また、非走査方向に関しては、走査中の平均化で像歪みは緩和されるからである。

## 【0088】

今、露光装置20Bを第1の露光装置として用いてある層（例えば第1層）のパターンとして第1マスクとしてのレチクル $R_2$ のパターンをウエハW上の任意数のショット領域に転写し、そのレチクル $R_2$ のパターンが転写されたウエハW上の各ショット領域に次層のパターンとして第2の露光装置として露光装置20Aを用いて第2マスクとしてのレチクル $R_1$ のパターンを重ねて転写する場合には、次のようにして露光が行われる。

## 【0089】

まず、露光装置20Bの主制御装置100<sub>2</sub>では、オペレータにより入力装置21<sub>2</sub>を介して予め入力されメモリに記憶されている露光装置20Aの結像特性の補正能力に関する情報に基づき、露光装置20Aで平行四辺形成分の像歪み成分を容易に発生させることができることを考慮し、レンズエレメント27<sub>2</sub>及びレチクルステージ $RST_2$ の少なくとも一方を所定量光軸方向に駆動して、自装置で補正が容易な（あるいは補正が可能な）対称ディストーションのみが補正されるような結像特性の調整を行う。そして、この状態で、ウエハW上にステップ・アンド・リピート方式で順次レチクル $R_2$ のパターン $PA_2$ を転写する。これにより、ウエハW上の各ショット領域に図6（B）に示されるような平行四辺形のパターン像 $PA_1$ （及び不図示のアライメントマークの像）が形成される。そして、このウエハWが露光装置20Aからアンロードされ、不図示のコータ・デベロッパ等により現像、レジスト塗布等の処理が行われる。

## 【0090】

次いで、露光装置20Aのウエハステージ $WST_1$ 上に上記の平行四辺形のショット領域が形成された前記ウエハWがロードされ、前述したアライメント顕微鏡8<sub>1</sub>によるウエハマークの計測及びEGA等が行われた後、前述したステップ・アンド・スキャン方式の露光が行われ、ウエハW上の各ショット領域（平行四辺形パターンの領域）にレチクル $R_1$ のパターンが重ねて転写される。このレチ

クル $R_1$ のパターン転写の際に、露光装置20Aの主制御装置100<sub>1</sub>では図6(D)に示されるような平行四辺形の像歪みを含むパターン像PABが転写されるように、レチクルステージ $RST_1$ とウエハステージ $WST_1$ との走査方向の相対角度誤差を所定角度に設定した状態で走査露光を行う。ここで、露光装置20Aの主制御装置100<sub>1</sub>は、オペレータにより入力装置21<sub>1</sub>を介して入力された(又は通信回線を介して露光装置20Bから入力された)露光装置20Bの像歪み補正能力に関するデータに基づいて上記平行四辺形成分を求め、これに応じてレチクルステージ $RST_1$ とウエハステージ $WST_1$ との走査方向の相対角度を設定し、ステージ制御系19を介してレチクル $R_1$ の走査方向に対するウエハWの走査方向の相対角度を制御することによって、露光装置20Aの結像特性を調整する。

#### 【0091】

なお、露光装置20Aの主制御装置100<sub>1</sub>では、前述したEGAを行う際に、ウエハW上のショット領域の配列方向とともに、特開平7-57991号公報に開示されているように各ショット領域の形状に関する情報を求め、この情報に基づいてレチクル $R_1$ の走査方向と共役な方向との相対角度をも算出し、この相対角度情報をステージ制御系19に供給し、ステージ制御系19を介してレチクル $R_1$ の走査方向に対するウエハWの走査方向の相対角度を制御することも可能である。

#### 【0092】

これにより、図6の(B)と(D)との比較から明らかなように、ウエハW上のレチクル $R_2$ のパターンの転写像が形成された各ショット領域にレチクル $R_1$ のパターンの投影像がほぼ重なって転写されることになる。このようにして、一方の露光装置20Bが他方の露光装置20Aの像歪み補正能力を考慮して他方の露光装置で発生させることが容易でかつ自身が補正することが困難な像歪みが残るように、結像特性を調整して露光を行い、他方の露光装置20Aでは露光装置20Bの像歪み補正能力に関するデータあるいはアライメント計測の結果に基づいてその発生容易な像歪みを発生させることにより、補正残留誤差がほぼ零となるような高精度な重ね合わせを実現することができる。

## 【0093】

次に、図7を用いて、第2のケースについて説明する。図7(A)は、露光装置20Bの投影光学系 $PL_2$ の像歪みを示している。一点鎖線 $PA_2$ がレチクル $R_2$ の本来のパターン（正方形パターン）の投影像である。このパターンを露光装置20Bで結像特性を補正することなく、ウエハW上に投影すると、実線 $PA_2'$ のような像歪みを含む投影像が形成されるものとする。この投影像 $PA_2'$ の像歪みには、長方形成分と台形成分とが含まれる。

## 【0094】

一方、露光装置20Aの投影光学系 $PL_1$ の投影像が図7(C)に示されている。この図7(C)ではレチクル $R_1$ の本来のパターン（正方形パターン）の投影像が一点鎖線 $PA_1$ で示され、このパターン $PA_1$ を露光装置20Bで結像特性を補正することなく、ウエハW上に投影すると、実線 $PA_1'$ のような対称ディストーション（樽型ディストーション）が像歪みとして発生するものとする。この場合、投影光学系 $PL_1$ ではなく、レチクル $R_1$ が照明光を吸収して膨張して対称ディストーションを発生していることになる。前述の如く、露光装置20Aのような走査型露光装置ではレチクルステージ、ウエハステージの同期制御が予定通り行われていれば系統だった像歪みは走査方向には発生せず、また、非走査方向に関しても走査中の平均化で像歪みは緩和されるからである。レチクル $R_1$ の変形は走査による平均化効果を受けないので、図7(C)のようにそのまま像歪みが発生する。

## 【0095】

今、第1の露光装置として露光装置20Bを用いてある層（例えば第1層）のパターンとして第1マスクとしてのレチクル $R_2$ のパターンをウエハW上の任意数のショット領域に転写し、そのレチクル $R_2$ のパターンの転写像が形成されたウエハW上の各ショット領域に第2の露光装置として露光装置20Aを用いて次層のパターンとして第2マスクとしてのレチクル $R_1$ のパターンを重ねて転写する場合には、次のようにして露光が行われる。

## 【0096】

まず、露光装置20Bの主制御装置100<sub>2</sub>では、オペレータにより入力装置

21 を介して予め入力されメモリに記憶されている露光装置 20A の結像特性の補正能力に関する情報に基づき、露光装置 20A で長方形の像歪み成分を容易に発生させることができるとともに、その補正が困難な像歪みである対称ディストーション（樽型ディストーション）が発生することを考慮し、例えばレンズエレメント  $27_2$  を光軸 AX に直交する X 軸回りに所定角度回転させるとともに、レチクル  $R_2$  及びレンズエレメント  $27_2$  の少なくとも一方を Z 方向に駆動して露光装置 20A 側で発生すると予想される対称ディストーションを積極的に発生させるような結像特性の調整を行う。そして、この状態で、ウエハ W 上にステップ・アンド・リピート方式で順次レチクル  $R_2$  のパターンを転写する。これにより、ウエハ W 上の各ショット領域に図 7 (B) に示されるような樽型ディストーション成分を含む長方形のパターン像 PAA（及び不図示のアライメントマークの像）が形成される。そして、このウエハ W が露光装置 20A からアンロードされ、不図示のコータ・デベロッパ等により現像、レジスト塗布等の処理が行われる。

#### 【0097】

次いで、露光装置 20A のウエハステージ  $WST_1$  上に上記の平行四辺形のショット領域が形成された前記ウエハ W がロードされ、前述したアライメント顕微鏡  $8_1$  によるウエハマークの計測及び EGA 等が行われた後、前述したステップ・アンド・スキャン方式の露光が行われ、ウエハ W 上の各ショット領域（上記樽型ディストーション成分を含む長方形のパターンの領域）にレチクル  $R_1$  のパターンが重ねて転写される。このレチクル  $R_1$  のパターン転写に先立ち、露光装置 20A の主制御装置  $100_1$  ではオペレータにより入力装置 21 を介して予め入力されメモリに記憶されている前層のパターンの露光を行った露光装置 20B の結像特性の補正能力に関する情報に基づき、露光装置 20B の像歪みとして該露光装置 20B では補正が困難な長方形成分が発生していること、及び自装置で発生する像歪みである対称ディストーションは補正が困難である（走査型露光装置においては、軸対称の像歪みは平均化効果があるため、レンズエレメント等を駆動しても補正できない）こと、及びその補正が困難な対称ディストーションは露光装置 20B で発生させることが容易であることを判断する。

## 【0098】

そして、主制御装置 100<sub>1</sub> では、上記の判断結果に基づき、その長方形成分に合わせて結像特性を調整した状態、すなわち走査方向の倍率を変更した状態で走査露光を行う。この走査方向の倍率変更は、レチクル R<sub>1</sub> とウエハ W の同期速度比をステージ制御系 19 を介して制御することにより行われる。

## 【0099】

これにより、図 7 (D) のような樽型ディストーション成分を含む長方形のパターンの像 PAB がウエハ W 上の各ショット領域に重ねて転写される。図 7 (B) と (D) との比較から明らかなように、ウエハ W 上のレチクル R<sub>2</sub> のパターンが形成された各ショット領域にレチクル R<sub>1</sub> のパターンがほぼ重なって転写されることになる。このようにして、双方の露光装置 20A、20B が互いに他方の装置の像歪み補正能力に関する情報を用いて、他方の装置で補正が困難でかつ自身が発生容易な像歪み成分を積極的に発生させることにより、補正残留誤差をほぼ零として高精度な重ね合せ露光を実現することが可能である。この場合、他方の装置で補正が困難でかつ自身が補正容易な像歪み成分が自装置の像歪み成分に含まれる場合には、これも補正する。

## 【0100】

但し、レチクルの膨張は固定値ではなく、露光が進むに従って変化していくので、その積算露光量の情報に基づいて、露光装置 20B で発生させるべき樽型ディストーションの量を制御するようにすることが望ましい。

## 【0101】

また、上記図 7 の場合において、ウエハ W 上にパターン転写を行う露光装置の順番を入れ替えても勿論構わない。すなわち、第 1 の露光装置として露光装置 20A を用いて第 1 マスクとしてのレチクル R<sub>1</sub> のパターンをウエハ W 上に転写し、そのレチクル R<sub>1</sub> のパターンが転写されたウエハ W 上に第 2 の露光装置として露光装置 20B を用いて第 2 マスクとしてのレチクル R<sub>2</sub> のパターンを重ねて転写する。この場合も各露光装置 20A 又は 20B が次の層、あるいは前層の露光に用いられる露光装置 20B 又は 20A の像歪み補正能力を考慮して、結像特性を補正した状態でレチクルパターンの転写を行うことにより、上記と同様の高精

度な重ね合せ露光が可能になる。

【0102】

ここで、各露光装置で発生する可能性がある像歪みの形態を整理すると、露光装置20Bのような静止露光型の露光装置では、自装置で容易に発生させることができる（補正することができる）像歪み成分（倍率、台形、対称ディストーション等）と、自装置では補正が困難で露光装置20Aのような走査型露光装置でしか直せない成分（長方形、平行四辺形等）と、両者とも直せない成分（ランダム成分等）とが発生する。一方、露光装置20Aのような走査型露光装置では、通常、投影光学系に起因する成分は非走査方向のみなので、自装置で補正が困難な対称ディストーション等は発生せず、長方形成分や平行四辺形成分などの像歪み成分が発生するのみであるから、走査型露光装置自身で殆どの場合補正可能である。従って、通常は静止露光型の露光装置の結像特性補正の結果残留する補正残留誤差の成分に、走査型露光装置が合わせることになる。但し、図7のケースのようにレチクルに起因するものが走査型露光装置に発生した場合、静止露光型の露光装置でしか直せない成分が発生し、お互いに補正し合うことになる。

【0103】

以上説明した本実施形態のリソグラフィシステム及びその露光方法によると、走査型露光装置である露光装置20Aと、静止露光型露光装置である露光装置20Bとのそれぞれが、相手方の像歪み補正能力に関する情報を考慮して、補正（又は発生）が容易である像歪み成分を補正（又は発生）し合うことにより、像歪み形状をお互いにそろえることが可能になり、従来のように補正が困難な補正残留分が結果的になくなり、重ね合せ精度が良好になる。

【0104】

なお、これまでの説明では、説明の便宜上から露光装置20A、露光装置20Bの主制御装置100が、露光に際してその都度、相手方装置の像歪み補正能力に関する情報を考慮して結像特性を調整する場合について説明したが、基板上に複数層のパターンを形成するための複数台の露光装置それぞれの像歪み特性を予め求めておき、リソグラフィシステム全体を管理するホストコンピュータが、各層の露光の際にその層の露光を行う露光装置に、その前後の露光を行う露光装置

の像歪み特性に基づいて予め求めた最適な（最も誤差が少なくなる）結像特性の補正指示を与えるようにしても良いことは勿論である。また、一步進んで、基板上に複数層のパターンを形成するための複数台の露光装置から成るリソグラフィシステム全体を管理するホストコンピュータが、各露光装置の像歪み特性に基づいて層毎に用いるべき露光装置として最適な選択を行うとともに、それらの露光装置に対する最適な結像特性の補正指示を与えるようにしても良い。この場合において、各層に要求される線幅制御性の厳しい、緩い等の条件に応じて重み付けを行うようにしても良い。

## 【0105】

また、上記実施形態では、露光装置20A、20Bが相互に他方の装置の像歪み補正能力に関する情報に基づいて重ね合わせ誤差がほぼなくなるようにそれぞれの結像特性を補正した状態で露光を行う場合について説明したが、本発明がこれに限定されるものではない。すなわち、露光装置20Bのような静止露光型の露光装置及び露光装置20Aのような走査型露光装置が相互に他方の装置で補正容易あるいは補正可能な像歪み成分の補正を緩く、かつ補正困難あるいは補正不能な像歪み成分については厳しく補正した状態で、レチクル $R_2$ 、レチクル $R_1$ のパターン転写をそれぞれ行っても良い。かかる場合には、補正残留誤差は通常零とはならないが、それでも重ね合せ精度は明らかに向上するからである。

## 【0106】

さらに、上記実施形態では、露光装置として静止露光型の露光装置と走査型露光装置とを組み合わせることで基板上に複数層のパターンを重ね合わせて転写する場合について説明したが、本発明がこれに限定されることはなく、例えば静止露光型の露光装置同士であっても、一方は対称ディストーションは発生可能であるが台形成分は発生不能であり、他方は対称ディストーション、台形成分をととも発生可能であるような場合も考えられ、かかる場合にも本発明の他の露光装置の像歪み補正能力を考慮して、結像特性を調整するという技術思想は好適に適用できるものである。

## 【0107】

なお、露光装置としては半導体製造用の露光装置に限定されることはなく、例

えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを露光する液晶用の露光装置や、薄膜磁気ヘッドを製造するための露光装置にも広く適用できる。

#### 【0108】

また、光線もg線（波長436nm）、i線（波長365nm）、KrFエキシマレーザ（波長248nm）、ArFエキシマレーザ（波長193nm）、F<sub>2</sub>レーザ（波長157nm）のみならず、X線や電子線などの荷電粒子線を用いることができる。

#### 【0109】

投影光学系の倍率は縮小系のみならず等倍および拡大系のいずれでも良い。また、投影光学系としては、エキシマレーザを用いる場合は硝材として石英や蛍石を用い、X線を用いる場合は反射系の光学系を適用し（レチクルも反射型タイプのものを用いる）、また、電子線を用いる場合には光学系として電子レンズ（電磁レンズ、静電レンズ）および偏向器を含んで構成される電子光学系を用いれば良い。この場合、電子線が通過する光路を真空状態にすることは言うまでもない。

#### 【0110】

##### 《デバイス製造方法》

次に、上述した露光装置及び露光方法をリソグラフィ工程で使用したデバイスの製造方法の実施形態について説明する。

#### 【0111】

図8には、デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造例のフローチャートが示されている。図8に示されるように、まず、ステップ201（設計ステップ）において、デバイスの機能・性能設計（例えば、半導体デバイスの回路設計等）を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、ステップ202（マスク製作ステップ）において、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ203（ウエハ製造ステップ）において、シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。

#### 【0112】



次に、ステップ204（ウエハ処理ステップ）において、ステップ201～ステップ203で用意したマスクとウエハを使用して、後述するように、リソグラフィ技術等によってウエハ上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップ205（デバイス組立ステップ）において、ステップ204で処理されたウエハを用いてデバイス組立を行う。このステップ205には、ダイシング工程、ボンディング工程、及びパッケージング工程（チップ封入）等の工程が必要に応じて含まれる。

#### 【0113】

最後に、ステップ206（検査ステップ）において、ステップ205で作製されたデバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にデバイスが完成し、これが出荷される。

#### 【0114】

図9には、半導体デバイスの場合における、上記ステップ204の詳細なフロー例が示されている。図9において、ステップ211（酸化ステップ）においてはウエハの表面を酸化させる。ステップ212（CVDステップ）においてはウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ213（電極形成ステップ）においてはウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ214（イオン打込みステップ）においてはウエハにイオンを打ち込む。以上のステップ211～ステップ214それぞれは、ウエハ処理の各段階の前処理工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。

#### 【0115】

ウエハプロセスの各段階において、上述の前処理工程が終了すると、以下のようにして後処理工程が実行される。この後処理工程では、まず、ステップ215（レジスト形成ステップ）において、ウエハに感光剤を塗布する。引き続き、ステップ216（露光ステップ）において、上記説明した露光装置及び露光方法によってマスクの回路パターンをウエハに転写する。次に、ステップ217（現像ステップ）においては露光されたウエハを現像し、ステップ218（エッチングステップ）において、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッチングにより取り去る。そして、ステップ219（レジスト除去ステップ）にお

いて、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。

【0116】

これらの前処理工程と後処理工程とを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0117】

以上説明した本実施形態のデバイス製造方法を用いれば、露光工程（ステップ216）において上記のリソグラフィシステム10及び上で説明した露光方法が用いられるので、重ね合せ精度の向上を含む露光精度の向上により、高集積度のデバイスを歩留まり良く生産することができる。

【0118】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明に係るリソグラフィシステムによれば、重ね合せ精度の向上を図ることができるという優れた効果がある。

【0119】

同様に、本発明に係る露光方法によれば、重ね合せ精度の向上を図ることができるという効果がある。

【0120】

また、本発明に係るデバイス製造方法によれば、高集積度のマイクロデバイスの生産性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

一実施形態に係るリソグラフィシステムの主要部の構成を概略的に示す図である。

【図2】

図1の露光装置20Aの構成を詳細に示す図である。

【図3】

図2の露光装置の走査露光の原理を説明するための図である。

【図4】

図1の露光装置20Bの像歪み補正（発生）能力を説明するための図である（

(A)、(B))。

【図5】

露光装置20Aの像歪み補正(発生)能力を説明するための図である((A)～(C))。

【図6】

図1のリソグラフィシステムによる第1のケースの露光方法を説明するための図である((A)～(D))。

【図7】

図1のリソグラフィシステムによる第2のケースの露光方法を説明するための図である((A)～(D))。

【図8】

本発明に係るデバイス製造方法の実施形態を説明するためのフローチャートである。

【図9】

図8のステップ204における処理を示すフローチャートである。

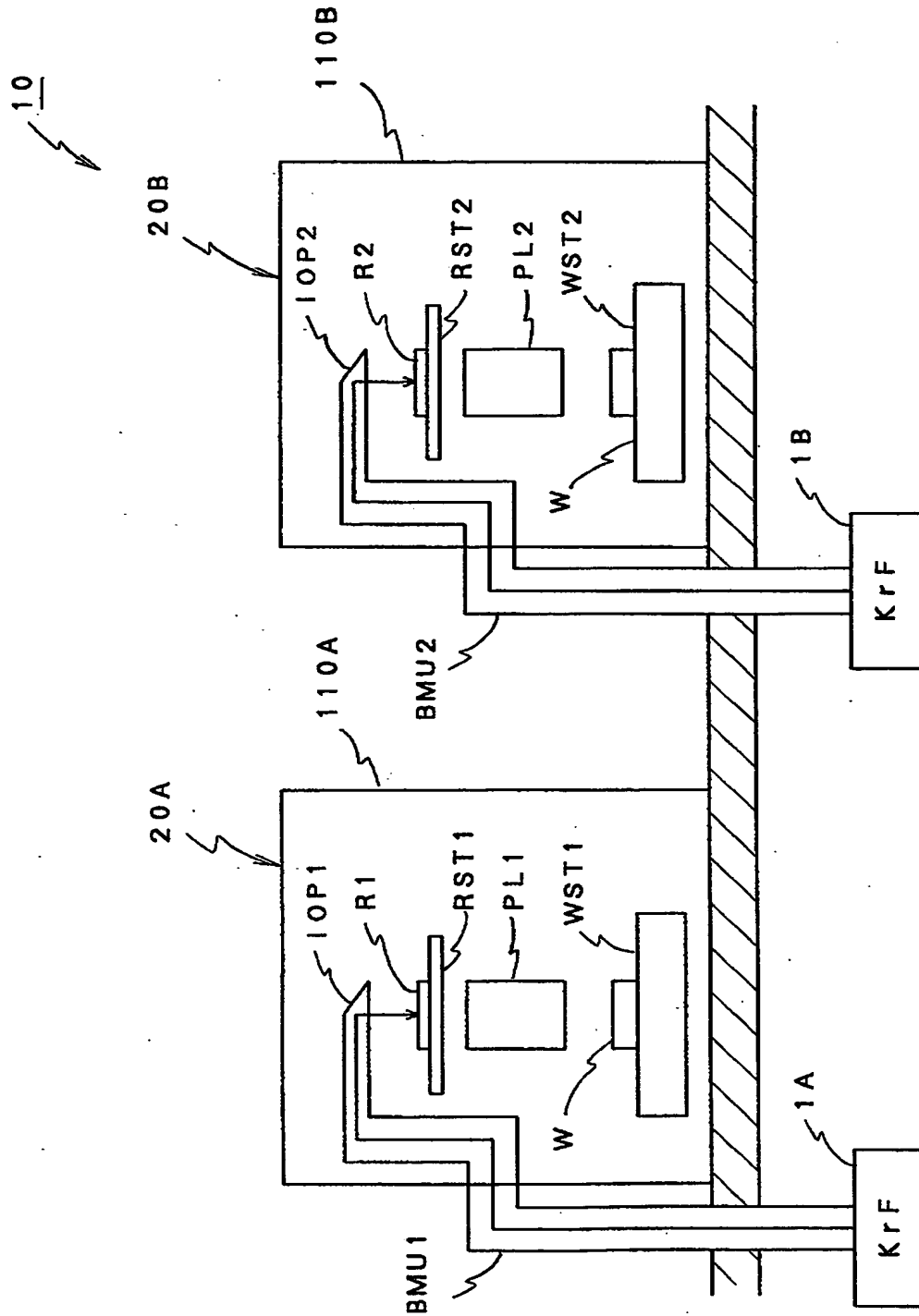
【符号の説明】

- 10     リソグラフィシステム
- 20A   露光装置(第2の露光装置又は第1の露光装置)
- 20B   露光装置(第1の露光装置又は第2の露光装置)
- W     ウエハ(基板)
- R<sub>1</sub>   レチクル(第2マスク又は第1マスク)
- R<sub>2</sub>   レチクル(第1マスク又は第2マスク)

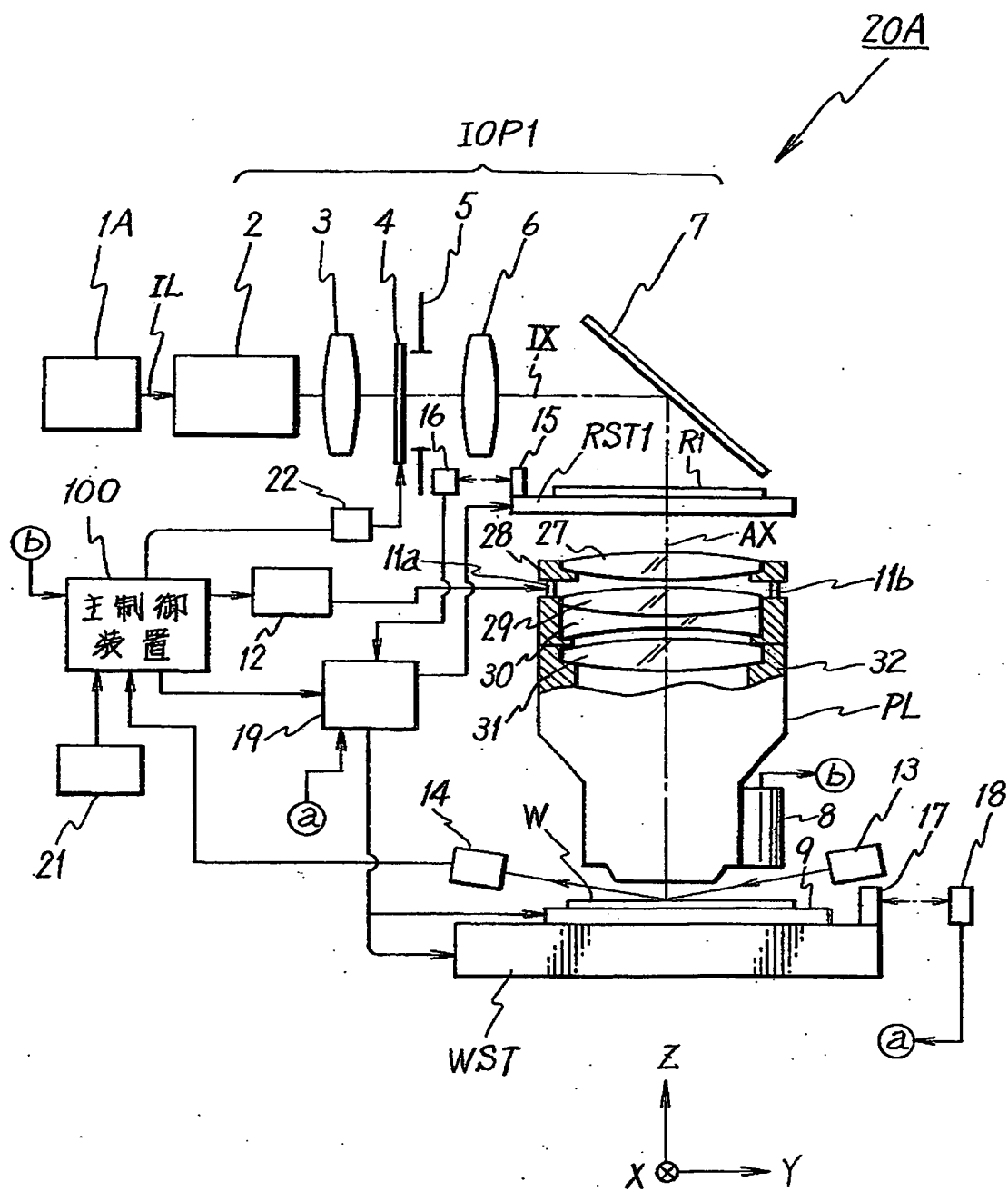
【書類名】

図面

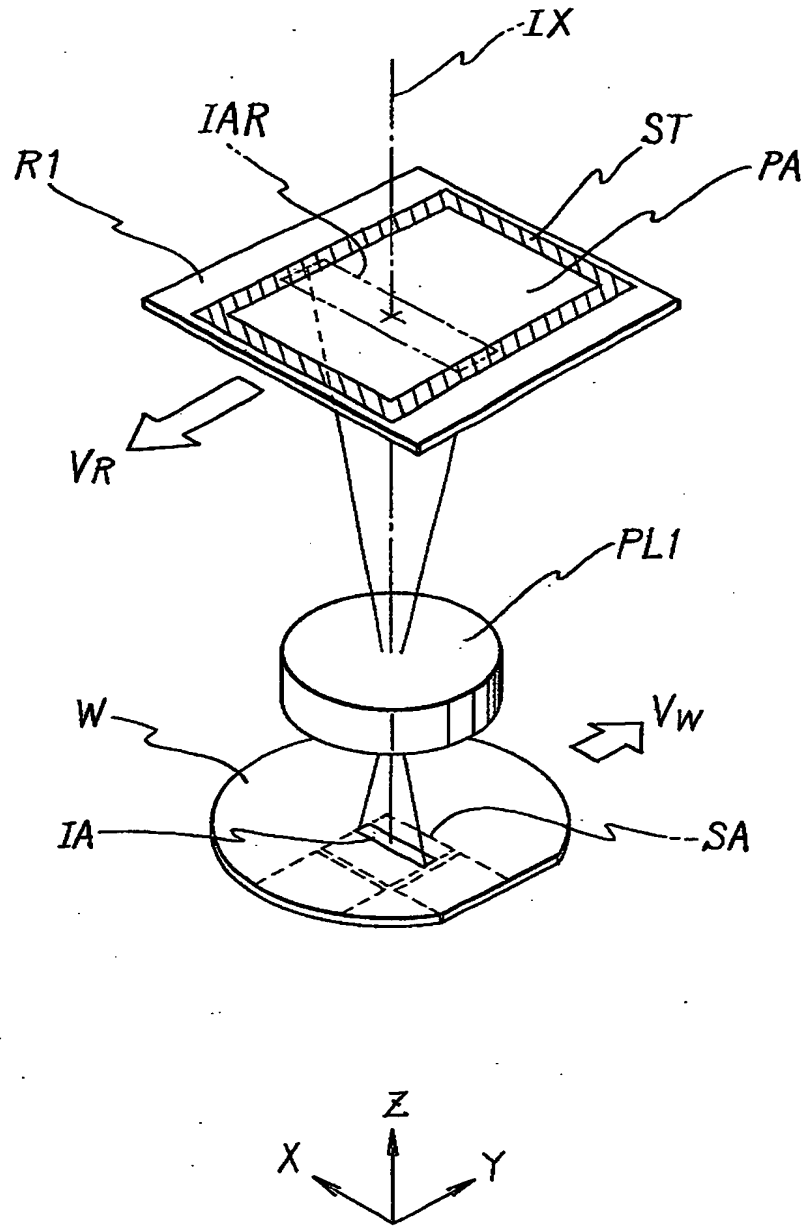
【図 1】



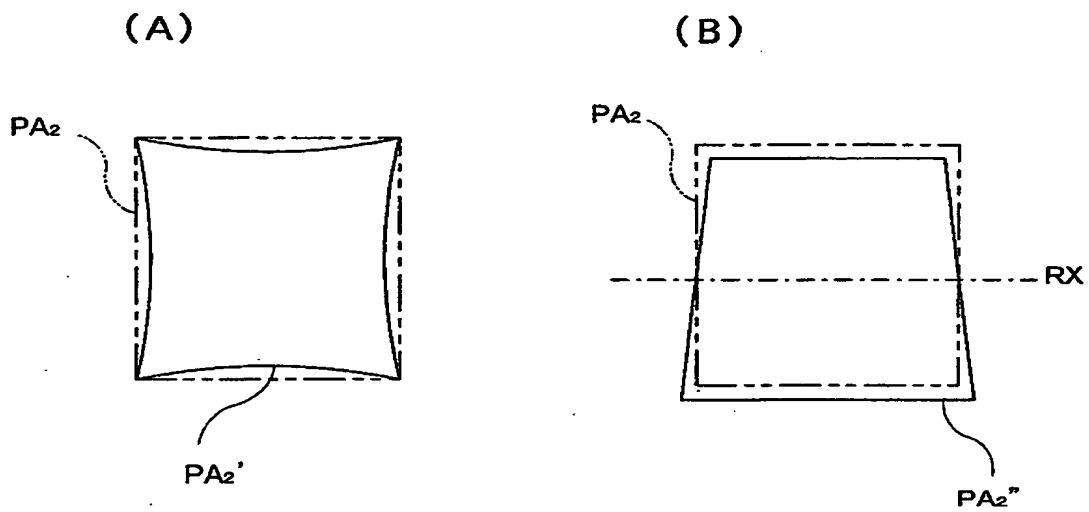
【図2】



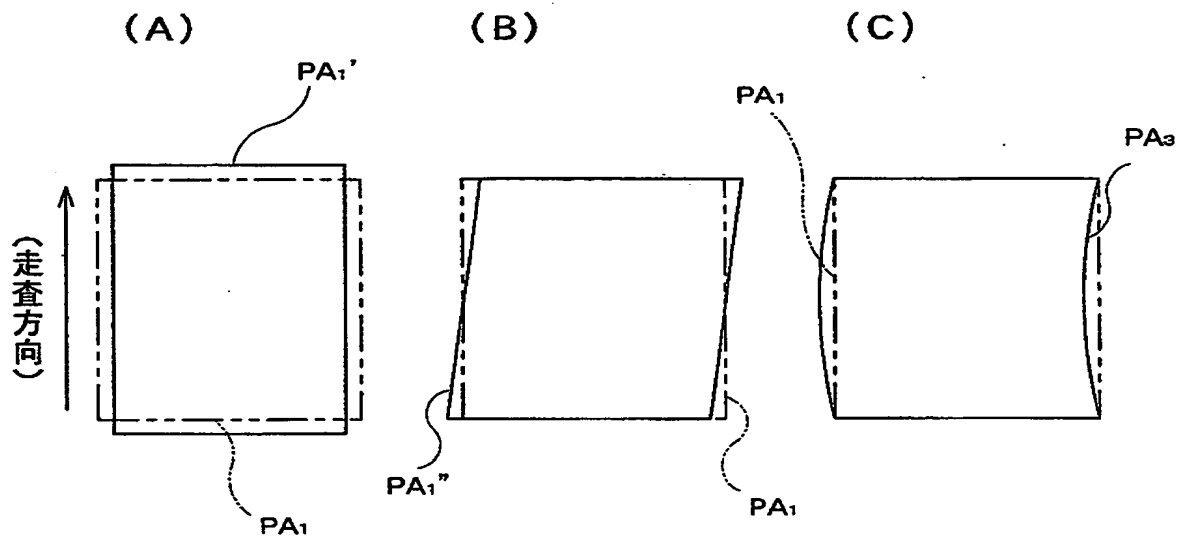
【図 3】



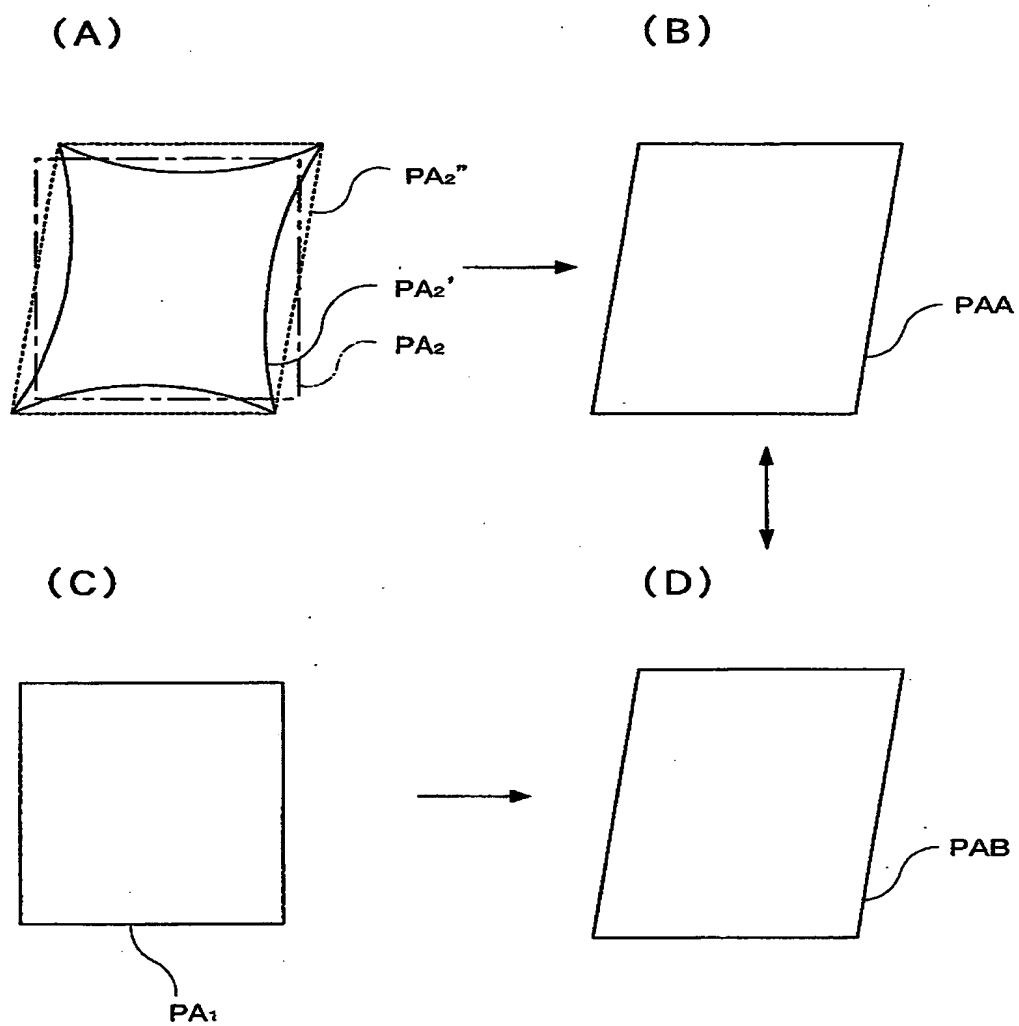
【図 4】



【図 5】

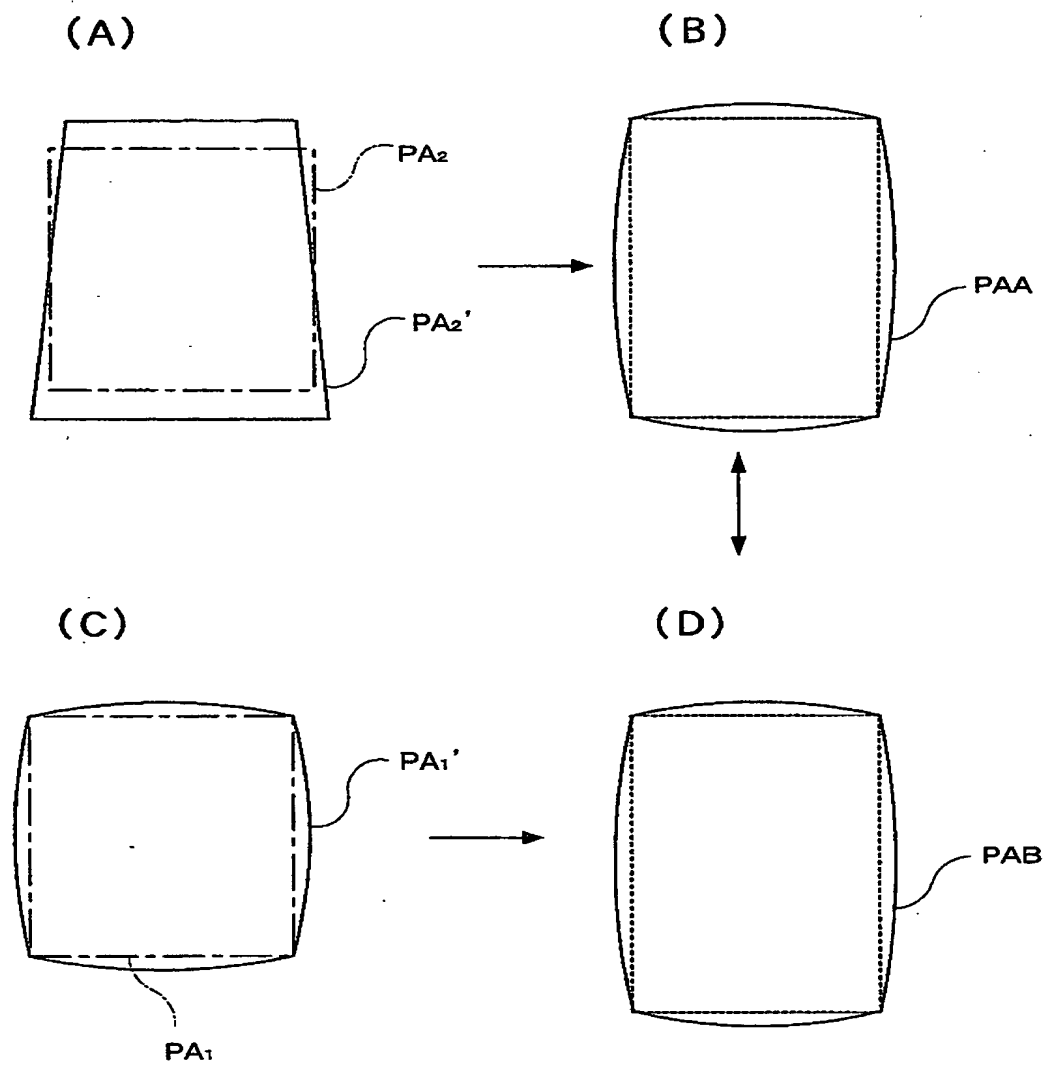


【図 6】

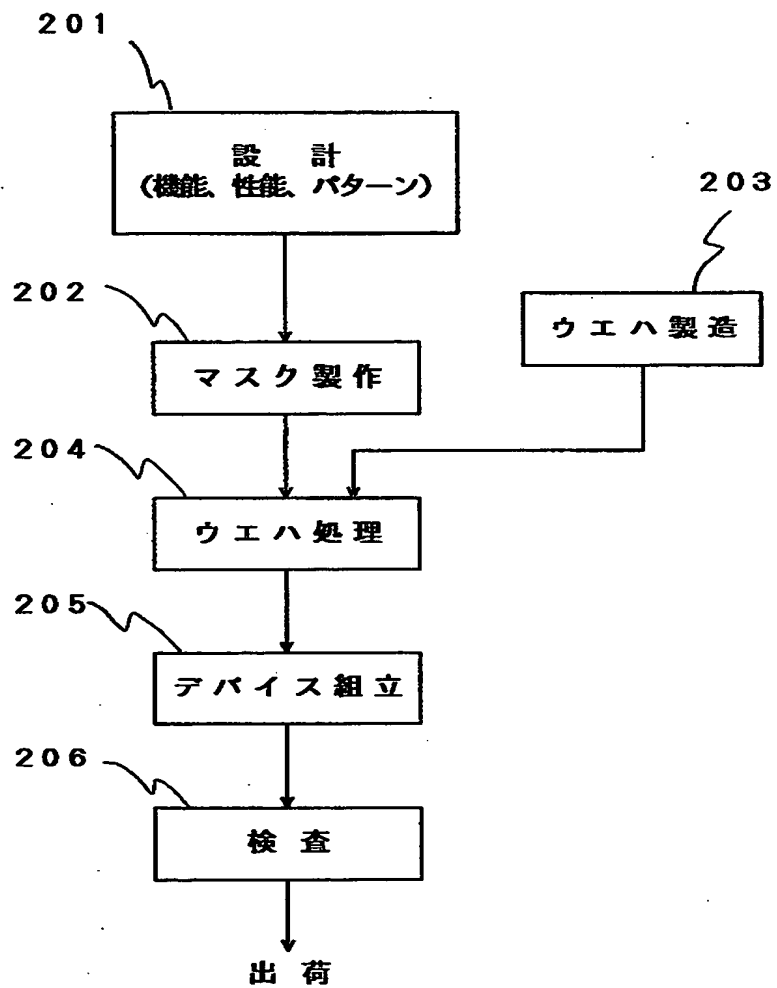




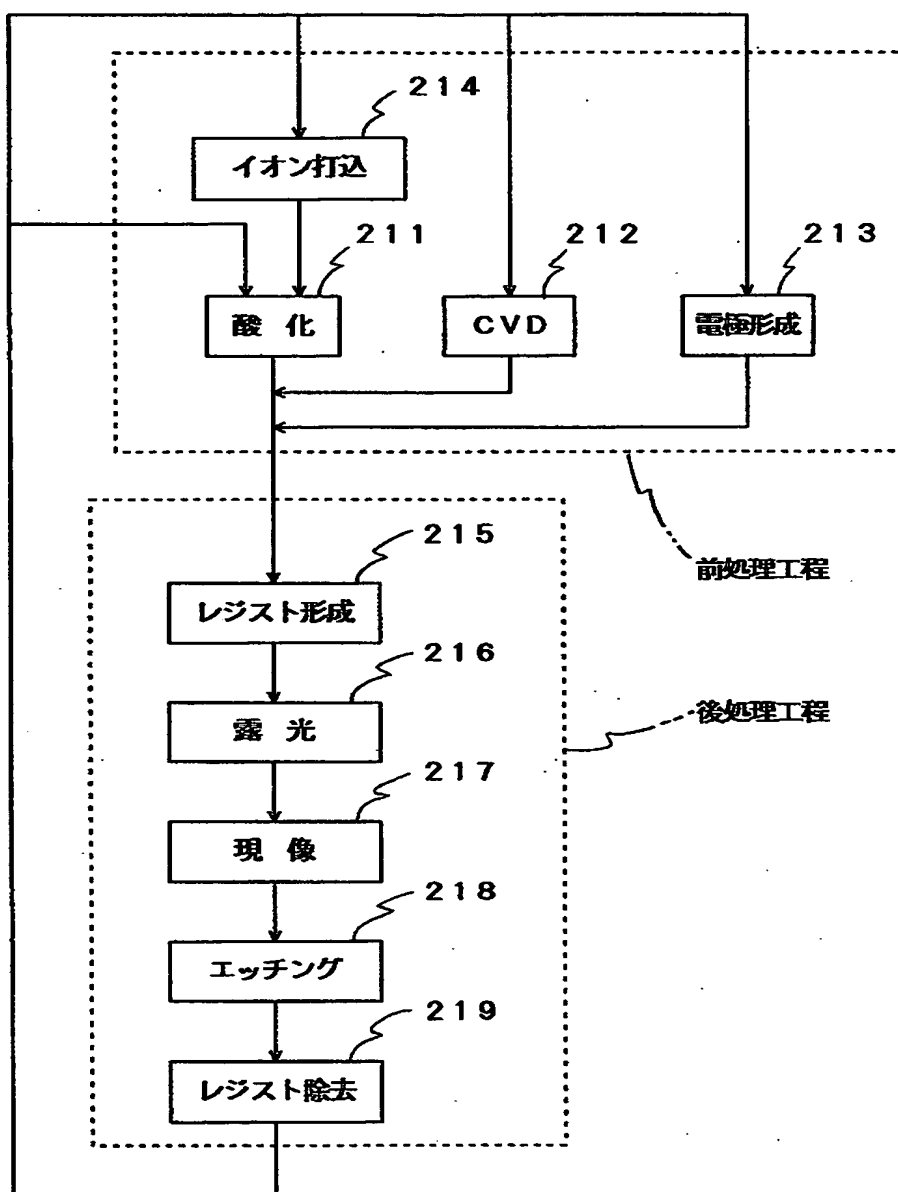
【図 7】



【図 8】



【図9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 重ね合せ精度の向上を図る。

【解決手段】 基板(W)上に第1マスクのパターンを転写した第1の露光装置(20A又は20B)の像歪み補正能力に関する情報に基づいて、第2の露光装置(20B又は20A)の結像特性が調整される。このため、この結像特性調整の際に、第1の露光装置で基板上に転写された第1マスクのパターン像の歪みを考慮した適切な(補正残留誤差を小さくするような)調整が可能となる。すなわち、その結像特性調整後の第2の露光装置を用いて基板上に第2マスクのパターンを転写した場合に、その第2マスクのパターン像の歪みが第1マスクのパターン像の歪みとほぼ同形状となるような第2の露光装置の結像特性の調整が可能となる。この結果、良好な重ね合わせを実現できる。

【選択図】 図1

【書類名】 職権訂正データ  
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000004112  
【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号  
【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】 申請人

【識別番号】 100102901  
【住所又は居所】 東京都新宿区新宿5-1-15 新宿MMビル 立  
石・川北国際特許事務所

【氏名又は名称】 立石 篤司

【代理人】 申請人

【識別番号】 100099793  
【住所又は居所】 東京都新宿区新宿5-1-15 新宿MMビル 立  
石・川北国際特許事務所

【氏名又は名称】 川北 喜十郎

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

氏 名 株式会社ニコン